

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté des sciences de l'activité physique

Comparaison entre un entraînement de la marche avec et sans soutien du poids corporel
chez une population atteinte de sclérose en plaques

Par
Samuel Rousseau Robidoux

Mémoire présenté à la Faculté des sciences de l'activité physique
En vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.)
Maîtrise en sciences de l'activité physique

Mars 2020

© Samuel Rousseau Robidoux, 2020

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté des sciences de l'activité physique

Comparaison entre un entraînement de la marche avec et sans soutien du poids corporel
chez une population atteinte de sclérose en plaques

Samuel Rousseau Robidoux

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Denis Gagnon	Président du jury
Félix Berrigan	Directeur de recherche
Pierre-Michel Bernier	Codirecteur de recherche
Mohamed-Amine Choukou	Membre externe du jury

Mémoire accepté le 9 mars 2020

Table des matières

LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
REMERCIEMENTS.....	vi
Sommaire.....	vii
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Description de la sclérose en plaques.....	1
1.2 Prévalence.....	1
1.3 Types de sclérose en plaques.....	2
1.4 Les facteurs de risque.....	4
1.5 Les symptômes.....	5
1.6 Les conséquences.....	6
2 PROBLÉMATIQUE.....	6
3 REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	10
3.1 Troubles de la marche.....	10
3.2 Entraînement et sclérose en plaques.....	14
3.2.1 Importance de l'entraînement.....	14
3.2.2 Méthodes d'entraînement testées et efficacité.....	15
3.2.3 Mécanismes neurophysiologiques.....	20
3.2.4 Limites des études et manques dans la littérature.....	22
3.3 Appareils spécifiques à la réhabilitation de la marche.....	25
3.3.1 Description des appareils existants.....	26
3.3.2 Avantages et inconvénients des appareils selon les chercheurs.....	28
3.3.3 Protocoles d'entraînement étudiés avec les appareils.....	29
3.3.4 Efficacité des appareils de réhabilitation de la marche.....	30
3.3.5 Limites des études en lien avec les appareils de réapprentissage de la marche.....	34
4 MÉTHODOLOGIE.....	37
4.1 Type de recherche.....	37
4.2 Recrutement et démarche de sélection des participants/échantillonnage.....	37
4.3 Caractéristiques des participants.....	38
4.4 Critères d'inclusion.....	38
4.5 Critères d'exclusion.....	39

4.6 Contexte	39
4.7 Programme	40
4.8 Fonctionnement de l'appareil Zénith	42
4.9 Objectifs poursuivis.....	42
4.10 Variables	43
4.10.1 Variables mesurées.....	43
4.10.2 Tests/outils de mesure	45
4.11 Instrumentation	51
4.11.1 Entraînement	51
4.11.2 Tests	51
4.12 Collecte de données.....	52
4.13 Analyses statistiques	54
4.14 Éthique	54
5 RÉSULTATS	55
5.1 Timed up and go.....	55
5.2 10-m walk test à vitesse rapide	56
5.3 10-m walk test à vitesse préférée.....	57
5.4 2-minute walk test	58
5.5 Test des RM multiples au <i>Leg Curl</i>	59
5.6 Test des RM multiples au <i>Leg extension</i>	60
5.7 Fatigue Severity Scale.....	61
5.8 <i>MSQOL-54</i> , partie physique.....	62
5.9 <i>MSQOL-54</i> , partie santé mentale	63
5.10 Confiance face à l'activité physique	64
5.11 Motivation face à l'activité physique	65
6 DISCUSSION	67
6.1 Rappel des objectifs	67
6.2 Timed up and go.....	67
6.3 Vitesse de marche.....	70
6.4 Fatigue.....	74
6.5 Force musculaire	75
6.6 Qualité de vie	77
6.7 Endurance de marche	78

6.8 Confiance et motivation	81
6.9 Limites.....	82
7 CONCLUSION	84
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	86
ANNEXE A - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 1 DU GROUPE EXPÉRIMENTAL	93
ANNEXE B - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 2 DU GROUPE EXPÉRIMENTAL.....	94
ANNEXE C - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 1 DU GROUPE CONTRÔLE.....	95
ANNEXE D - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 2 DU GROUPE CONTRÔLE.....	96
ANNEXE E - COURBES INDIVIDUELLES POUR LES TESTS ET QUESTIONNAIRES	97

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Résultats au Timed up and go	56
Figure 2 : Résultats au 10-m walk test à vitesse rapide	57
Figure 3 : Résultats au 10-m walk test à vitesse préférée.....	58
Figure 4 : Résultats au 2-minute walk test	59
Figure 5 : Résultats au test des RM multiples au leg curl	60
Figure 6 : Résultats au test des RM multiples au leg extension	61
Figure 7 : Résultats au questionnaire Fatigue Severity Scale.....	62
Figure 8 : Résultats au questionnaire MSQOL-54, partie physique.....	63
Figure 9 : Résultats au questionnaire MSQOL-54, partie santé mentale	64
Figure 10 : Résultats confiance face à l'activité physique	65
Figure 11 : Résultats motivation face à l'activité physique	66
Figure 12 : Résultats au Timed up and go.....	97
Figure 13 : Résultats au 10-m walk test à vitesse rapide.....	97
Figure 14 : Résultats au 10-m walk test à vitesse préférée.....	98
Figure 15 : Résultats au 2-minute walk test	98
Figure 16 : Résultats au test des RM multiples au leg curl	99
Figure 17 : Résultats au test des RM multiples au leg extension	99
Figure 18 : Résultats au questionnaire Fatigue Severity Scale.....	100
Figure 19 : Résultats au questionnaire MSQOL-54, partie physique.....	100
Figure 20 : Résultats au questionnaire MSQOL-54, partie santé mentale	101
Figure 21 : Résultats confiance face à l'activité physique	101
Figure 22 : Résultats motivation face à l'activité physique	102

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les formes de sclérose en plaques	3
Tableau 2 : Fonctionnalités des appareils de réapprentissage de la marche avec soutien du poids corporel	27
Tableau 3 : Caractéristiques des participants	38

REMERCIEMENTS

Je tiens, tout d'abord, à remercier mes directeurs de mémoire, Félix Berrigan et Pierre-Michel Bernier pour m'avoir permis de réaliser ce projet grâce à leurs judicieux conseils et à leur grande disponibilité au cours de tout le processus.

Je tiens également à remercier René McKay, directeur général de l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrie, pour m'avoir donné accès à l'appareil Zénith avec lequel le projet a été mené, pour m'avoir donné accès à un stagiaire en kinésiologie afin d'aider à la collecte de données, ainsi que pour m'avoir donné accès aux participants du projet. Je remercie du même coup François Chagnon, ingénieur, qui s'est assuré du bon fonctionnement de l'appareil au cours de tout le projet.

Je tiens aussi à remercier les stagiaires en kinésiologie Samuel Goudreault et Mariane Samson pour avoir aidé à la collecte de données lors du projet ainsi que pour avoir entraîné les participants.

Un merci spécial à Patrick Roberge et à Jean-François Levac pour avoir rendu ce projet possible en rendant le centre sportif de l'Université de Sherbrooke accessible à l'équipe de recherche ainsi qu'aux participants pour toute la durée de l'étude. Je veux aussi remercier tous les employés du centre sportif pour leur grande collaboration tout au cours du projet.

Merci à Denise Létourneau pour avoir rendu la salle de musculation accessible aux participants lors des périodes de tests physiques.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont accepté de participer au projet et qui ont permis de faire avancer les connaissances en lien avec le réapprentissage de la marche chez les personnes atteintes de sclérose en plaques.

Finalement, je remercie mon père, Jean-Guy Robidoux, pour son soutien au cours de tout mon parcours académique.

Sommaire

Reconnue comme étant la deuxième plus grande cause de handicap neurologique chez les adultes de 18 à 50 ans, la sclérose en plaques entraîne de nombreux symptômes, dont des troubles de la marche, qui affectent négativement la qualité de vie des patients en causant des restrictions de participation aux activités de la vie quotidienne dues à la baisse de l'autonomie. À ce jour, selon la littérature, l'entraînement physique est de plus en plus reconnu comme étant un moyen efficace pour améliorer l'autonomie et la condition physique des personnes atteintes. Toutefois, lorsque les incapacités sont trop sévères, il peut devenir dangereux et même impossible pour les patients d'entraîner la marche de manière spécifique en raison du risque de chutes élevé et du manque de force musculaire dans les membres inférieurs. Afin de remédier à ce manque, l'appareil Zénith, un appareil d'entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel, a été conçu par l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrie en collaboration avec la Faculté de Génie de l'Université de Sherbrooke. Cette étude est la première étude pilote évaluant l'efficacité de l'appareil Zénith pour l'entraînement de la marche chez une population atteinte de sclérose en plaques. Plus précisément, les objectifs de recherche principaux étaient d'évaluer les effets d'un entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel à l'aide de l'appareil Zénith sur la capacité de marche (vitesse et endurance), l'équilibre statique et dynamique ainsi que sur la force musculaire chez une population atteinte de sclérose en plaques ayant un *Expanded disability status scale* (EDSS) se situant entre 6 et 7 et de comparer ces effets à ceux obtenus suite à un entraînement traditionnel afin de déterminer si l'entraînement avec Zénith permettait des gains supérieurs. Les objectifs secondaires étaient de vérifier si l'entraînement conventionnel et l'entraînement avec l'appareil Zénith avaient un impact sur la motivation, le niveau de confiance face à l'activité physique, la fatigue et la qualité de vie et de comparer les deux méthodes d'entraînement afin de déterminer si l'entraînement avec Zénith avait un plus grand impact sur ces paramètres. Notre première hypothèse de départ était que tous les paramètres à l'étude s'amélioreraient suite aux deux méthodes d'entraînement et notre deuxième hypothèse de

départ était que l'utilisation de l'appareil Zénith dans le cadre d'un entraînement de la marche fournirait de meilleurs résultats au niveau de tous les paramètres à l'étude. Au total, sept personnes atteintes de sclérose en plaques dans la région de l'Estrie ont été recrutées et divisées en deux groupes : un groupe expérimental et un groupe contrôle. Le groupe contrôle effectuait un entraînement traditionnel spécifique à la marche pour une durée de huit semaines à raison de trois fois par semaine alors que le groupe expérimental effectuait un entraînement avec l'appareil Zénith pour une durée similaire à celle du groupe contrôle. Suite à l'entraînement, une amélioration significative a été observée au niveau de l'équilibre statique et dynamique, de la mobilité, de la vitesse de marche, de l'endurance de marche, de la force musculaire des ischio-jambiers et des quadriceps ainsi que de la confiance face à l'activité physique pour les deux groupes. De plus, des améliorations non-significatives au niveau de la fatigue perçue, de la qualité de vie perçue ainsi que de la motivation ont également été observées pour les deux groupes. Toutefois, aucune différence entre les groupes n'a été observée. Nous concluons donc que l'appareil Zénith semble être une option efficace pour améliorer la capacité de marche, l'équilibre et la force musculaire chez les personnes atteintes de sclérose en plaques ayant un handicap sévère, pouvant, du même coup, potentiellement améliorer leur autonomie. Bien que les résultats aient été les mêmes qu'un entraînement traditionnel, cette option s'avère intéressante chez cette population puisqu'elle n'implique aucun risque de chutes. Il serait toutefois nécessaire de faire une étude avec un plus grand nombre de sujets afin de confirmer ces résultats. Dans de futures études, il serait intéressant de tester différents protocoles d'entraînement avec l'appareil ainsi que de tester l'appareil chez des personnes ayant un handicap plus sévère que les participants de notre étude. Il serait également intéressant de vérifier si l'appareil permet un plus grand volume d'entraînement sans augmenter la fatigue.

1 INTRODUCTION

1.1 Description de la sclérose en plaques

La sclérose en plaques (SP) est une maladie auto-immune neurodégénérative qui affecte le système nerveux central au niveau des nerfs optiques, du cerveau et de la moelle épinière (Rae-Grant et Fox, 2013). Au cours de cette maladie, la matière blanche ainsi que la matière grise sont touchées par l'inflammation et la démyélinisation. Les lésions de la matière blanche sont plus prévalentes dans la région périventriculaire, dans le corps calleux et dans la moelle épinière. Ces lésions surviennent dès le début de la maladie et augmentent en volume avec le temps. De plus, il a été récemment découvert que les lésions de la matière grise survenaient aussi au début de la maladie et constitueraient un processus indépendant des lésions de la matière blanche (Rae-Grant et Fox, 2013). Il y aurait également une corrélation plus élevée entre l'atrophie de la matière grise survenant au cours de la sclérose en plaques et le niveau de handicap causé par la maladie qu'avec les lésions de la matière blanche. Finalement, en plus de la démyélinisation, la sclérose en plaques cause une dégénérescence des neurones et des axones (Rae-Grant et Fox, 2013). La grosseur des plaques ou lésions ainsi que leur emplacement étant imprévisible, cette maladie peut causer des symptômes variables. Toutefois, une étude (Zuvich et al., 2009) a découvert que, pour une raison inconnue à ce jour, l'ampleur des lésions n'est pas toujours corrélée avec la sévérité de la maladie, ce qui impliquerait que d'autres facteurs que les lésions seraient en jeu. En effet, certaines personnes peuvent être lourdement handicapées par la maladie alors que d'autres peuvent poursuivre leur vie de tous les jours presque sans changement.

1.2 Prévalence

La sclérose en plaques est la deuxième plus grande cause de handicap neurologique chez les adultes de 18 à 50 ans (Howard et al., 2016). Pour une raison encore inconnue, environ deux à trois fois plus de femmes que d'hommes sont touchées par cette maladie (Howard et al., 2016). À travers le monde, on estime que la sclérose en plaques est nouvellement diagnostiquée chez une personne sur 20 000 par année et affecte en moyenne une personne sur 1000 (Rae-Grant et Fox, 2013). Particulièrement prévalente dans les pays nordiques, on

estime que cette maladie est la troisième plus grande cause de handicap chez les personnes âgées de 15 à 50 ans aux États-Unis derrière les traumatismes et les troubles musculo-squelettiques (Howard et al., 2016). Les pays les plus touchés par cette maladie sont les États-Unis, le Canada, la Russie, Israël, l'Europe, la Nouvelle-Zélande, et l'Australie (Zuvich et al., 2009). Au Canada, on estime qu'à ce jour, environ 93 500 personnes ont un diagnostic de sclérose en plaques (Gilmour et al., 2018).

1.3 Types de sclérose en plaques

La forme que prend la maladie est variable d'une personne à l'autre et peut aussi varier dans le temps. Elle peut être caractérisée par des périodes aiguës épisodiques d'aggravation, par une progression graduelle des symptômes ou par une combinaison des deux. Au total, il y a présentement consensus sur quatre formes de sclérose en plaques (Lublin et Reingold, 1996). Celles-ci seront présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Les formes de sclérose en plaques

Formes	Définition
Sclérose en plaques récurrente/rémittente	<ul style="list-style-type: none"> – Touche 85 % des personnes atteintes. – Poussées avec exacerbation des symptômes/apparition de nouveaux symptômes, suivies de périodes de rémission avec rétablissement complet ou avec séquelles et déficit résiduel. – Âge moyen du début des symptômes : 30 ans.
Sclérose en plaques secondaire progressive	<ul style="list-style-type: none"> – Continuum de la forme récurrente/rémittente qui évolue dans le temps. – La progression de la maladie devient donc lente et graduelle, de manière semblable à la forme primaire progressive.
Sclérose en plaques primaire progressive	<ul style="list-style-type: none"> – Progression lente de la maladie et détérioration des symptômes de façon continue en l'absence de poussée, et ce, depuis le début du diagnostic. – Plateaux et améliorations mineures temporaires. – Âge moyen du début des symptômes : 40 ans. – Cette forme affecte les hommes et les femmes de manière égale.
Sclérose en plaques récurrente-progressive	<ul style="list-style-type: none"> – Touche environ 5 % des personnes atteintes. – Forme de sclérose en plaques caractérisée par des poussées avec ou sans rémission complète, de manière semblable à la forme récurrente/rémittente, mais la maladie continue de progresser entre celles-ci.

(Confavreux et al., 2000; Lublin et Reingold, 1996; Rae-Grant et Fox, 2013)

En plus de se présenter sous différentes formes, la progression de la sclérose en plaques est très complexe et présente beaucoup de variété interindividuelle. En effet, pour chacune des formes de sclérose en plaques, la vitesse de progression varie beaucoup d'une personne à l'autre (Lublin et Reingold, 1996). Les raisons de ce phénomène sont encore inconnues, mais plusieurs facteurs de risque ont été identifiés et seront discutés à la section 1.4. De plus, selon une étude récemment publiée (Roy et al., 2017), le déclin des fonctions motrices serait amplifié par l'âge dans la sclérose en plaques, ce qui ne semblerait pas être le cas pour le déclin

des fonctions cognitives, bien que celui-ci soit accéléré par la maladie. La durée de la maladie, l'âge et l'éducation des personnes atteintes seraient de bons prédicateurs pour plusieurs tests fonctionnels chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Selon les auteurs de cette étude, ce phénomène pourrait être attribuable au fait que les personnes atteintes ont tendance à réduire leur niveau d'activité physique avec l'âge, ce qui viendrait amplifier le déficit moteur.

1.4 Les facteurs de risque

Étant donné la complexité de la maladie, la cause de la sclérose en plaques demeure inconnue à ce jour, mais plusieurs facteurs de risque génétiques et environnementaux ont été identifiés (Rae-Grant et Fox, 2013). Les facteurs de risque environnementaux seraient liés au risque de développer la maladie, mais aussi au risque d'une progression plus rapide. Le premier facteur environnemental ayant été identifié est le tabagisme. En effet, les chercheurs ont constaté que la probabilité des fumeurs de développer la sclérose en plaques était de 1,6. De plus, bien que moins à risque que les fumeurs actifs, les anciens fumeurs et les non-fumeurs exposés à la fumée secondaire seraient également plus à risque (rapport des chances de 1,2). Une autre hypothèse de facteur de risque est l'exposition au virus d'Epstein-Barr, particulièrement lorsque celui-ci se traduit par une mononucléose. Dans ce cas, le risque de développer la sclérose en plaques se double. Deux autres facteurs de risque seraient la latitude ainsi qu'une carence en vitamine D. Les chercheurs ont émis l'hypothèse que ces deux facteurs de risque pourraient être reliés puisque la prévalence de la sclérose en plaques est plus élevée dans les pays plus éloignés de l'équateur. Le fait que ces pays aient moins de soleil pourrait possiblement contribuer à une carence en vitamine D. L'ethnie contribue aussi au risque de développer la maladie. Plus précisément, les Asiatiques et les Africains seraient moins à risque d'être affectés par la maladie que les personnes ayant une descendance européenne. Ils seraient toutefois affectés plus sévèrement par la maladie lorsqu'ils la développent. Finalement, certaines comorbidités causées par l'inactivité physique telles que les maladies cardiovasculaires ou l'obésité pourraient également contribuer à une progression plus rapide de la maladie.

En ce qui concerne le lien entre la génétique et le risque de développer la sclérose en plaques, la littérature n'est pas encore claire à ce sujet, mais ce lien existerait selon certains auteurs (Ebers et al., 1986). Le lien entre la position géographique, l'ethnie et le risque de développer la sclérose en plaques semble renforcer cette théorie. De plus, les auteurs de l'étude de Sadovnick et al. (1988) estiment que 15 % à 20 % des personnes atteintes ont un historique familial de sclérose en plaques.

1.5 Les symptômes

La sclérose en plaques cause de nombreux symptômes qui varient d'une personne à l'autre. Dépendamment de leur intensité, ceux-ci peuvent fortement handicaper les personnes atteintes. En premier lieu, la sclérose en plaques peut causer des troubles de vision qui comprennent la double vision, la vision embrouillée, la cécité dans un ou deux yeux, la douleur aux yeux et des mouvements oculaires saccadés. En second lieu, elle peut causer des troubles moteurs incluant la paralysie partielle ou complète, une faiblesse musculaire dans un des deux côtés du corps, des troubles de l'élocution, de la rigidité/spasticité, des contractions musculaires et des tremblements. La faiblesse musculaire unilatérale touche plus souvent les bras et les jambes, mais peut parfois se rendre jusqu'au visage (Zuvich et al., 2009). Quant à la spasticité, ce symptôme défini comme un désordre moteur caractérisé par une augmentation du réflexe myotatique de manière exagérée touche environ 80 % des personnes atteintes et est plus présent au niveau du membre inférieur (Sosnoff et al., 2011). La sclérose en plaques peut également causer des troubles sensoriels dont des engourdissements, de la douleur au visage, une sensation de chocs électriques, de la sensibilité à la chaleur et une tension autour du torse et de l'estomac. De plus, la sclérose en plaques peut causer des troubles de la coordination et de l'équilibre qui comprennent l'ataxie, les nausées, les vertiges, un bégaiement et une perte de la capacité à produire rapidement des mouvements alternés. Des troubles de la vessie et de l'intestin dont les urgences, la rétention, l'incontinence et l'impuissance sexuelle peuvent aussi se développer au cours de cette maladie. Par ailleurs, la sclérose en plaques peut affecter les personnes atteintes au niveau cognitif par le développement de troubles tels que la dépression, l'anxiété, une perte de mémoire à court et à long terme, la démence et des sautes d'humeur. Finalement, d'autres symptômes tels que la fatigue et des troubles de sommeil sont également

causés par la sclérose en plaques. Il est à noter que certains symptômes tels que la dépression et les troubles du sommeil peuvent être directement causés par cette maladie, mais peuvent aussi être des effets secondaires des autres symptômes (Zuvich et al., 2009). Les personnes atteintes développent une intolérance à la chaleur qui augmente temporairement les autres symptômes lorsque la température corporelle augmente, ce qui est à considérer lorsqu'elles pratiquent une activité physique (Guthrie et Nelson, 1995).

1.6 Les conséquences

Les symptômes causés par la sclérose en plaques ont de nombreuses conséquences négatives sur les personnes atteintes, sur leur entourage ainsi que sur la société en général. En effet, chez les personnes atteintes de la maladie, les symptômes affectent significativement la qualité de vie, ayant notamment un impact sur le niveau de participation aux activités de la vie quotidienne. Une étude (Cattaneo et al., 2017) dont le but était d'évaluer le niveau de restrictions de participation chez les personnes atteintes selon la sévérité du handicap a d'ailleurs montré que 77 % des participants avaient plus de restrictions de participation lorsque leur handicap mesuré par l'EDSS était plus sévère (Cattaneo, et al., 2017). Ces restrictions étaient définies comme les problèmes qu'une personne peut avoir lors de la participation à des activités de la vie quotidienne. Ces activités comprenaient les activités domestiques, les tâches productives (emploi, activités éducatives et bénévoles) et les activités sociales. Il a été observé que le niveau de restriction était plus élevé chez les personnes en fauteuil roulant. Ces restrictions ont un impact direct sur les proches des personnes atteintes. Dans cette étude, 91 % des participants avaient besoin d'aide pour faire leur épicerie et 38 % avaient besoin d'aide pour préparer leurs repas.

De plus, d'un point de vue financier, on estime que le coût moyen de la sclérose en plaques s'élève à 47 215 \$ par année. Le coût varie selon la sévérité du handicap, étant de plus en plus élevé lorsque le handicap est plus sévère.

2 PROBLÉMATIQUE

Comme mentionné précédemment, la sclérose en plaque est une des principales causes de handicap neurologique à travers le monde chez les adultes de 18 à 50 ans (Howard et al.,

2016). Cette maladie peut causer de nombreux symptômes qui peuvent avoir un impact négatif sur la qualité de vie des personnes atteintes (Zuvich et al., 2009; Confavreux et al., 2000; Cattaneo, et al., 2017; Motl, 2010). Bien que des médicaments soient utilisés pour soulager les symptômes, ceux-ci semblent moins efficaces avec l'évolution de la maladie (Motl, 2010). Une autre alternative qui semble efficace pour augmenter l'autonomie des personnes atteintes, peu importe le stade de la maladie, est l'entraînement physique (Motl et Pilutti, 2012). Au cours des dernières années, différents modes d'entraînement ont été testés chez les personnes atteintes et ont amélioré de nombreux paramètres, notamment la qualité de vie subjective, la vitesse et l'endurance de marche, la force musculaire, la puissance musculaire, l'endurance musculaire, l'équilibre ainsi que certains paramètres spatiotemporels de la marche (Dettmers et al., 2009; Motl et Pilutti, 2012; de Souza-Teixeira et al., 2009). Dans l'optique d'être plus spécifique à la réhabilitation de la marche et de faciliter l'entraînement pour des personnes qui ne sont pas en mesure de soutenir leur poids corporel et chez qui le risque de chutes est élevé, des appareils d'entraînement de la marche avec soutien du poids corporel ont été inventés. À ce jour, seuls les appareils d'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans aide robotisée ont été étudiés chez la population atteinte de sclérose en plaques. Au meilleur de nos connaissances, aucune étude en lien avec les appareils d'entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel n'a été menée à ce jour.

Un appareil qui vise le réentraînement de la marche au sol avec une partie du poids du corps soutenu, l'appareil Zénith, a récemment été développé par l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrie en collaboration avec la Faculté de génie de l'Université de Sherbrooke. Cet appareil se distingue des appareils de réapprentissage de la marche sur tapis roulant par le fait qu'il peut bouger par lui-même et tourner en étant contrôlé par le thérapeute à l'aide d'un contrôle à distance. En plus de pouvoir marcher sur le sol, les sujets peuvent se déplacer sur différentes surfaces et effectuer des changements de direction, ce qui rend la pratique encore plus spécifique aux situations de la vie quotidienne. L'appareil vient également peser le patient et le thérapeute peut choisir le pourcentage de poids qui sera soutenu de manière automatisée, ce qui rend le pourcentage du poids soutenu plus précis. Un des avantages de l'appareil est sa

facilité d'utilisation. Finalement, un autre avantage de l'appareil est qu'il est démontable et peut être utilisé à l'extérieur sur une surface inégale.

Toutefois, étant donné que l'appareil a été récemment conçu, aucune étude n'a encore été réalisée à son sujet. Son efficacité demeure donc encore inconnue en ce qui concerne la réhabilitation de la marche. Cette étude sera la première étude pilote évaluant l'efficacité de l'appareil Zénith pour l'entraînement de la marche chez une population atteinte de sclérose en plaques. En plus de tester l'efficacité d'un appareil qui pourrait potentiellement permettre aux personnes atteintes d'améliorer leur autonomie, améliorant du même coup leur qualité de vie et diminuant l'impact financier de la sclérose en plaques, cette étude vient combler quelques manques dans la littérature. En effet, parmi les manques identifiés par certains auteurs (Alias et al., 2017; Molt et al., 2012; Dettmers et al., 2009; Giesser, et al., 2007), le manque de comparaison entre différents protocoles d'entraînement, le manque d'études chez la population ayant un handicap sévère selon l'EDSS, et le manque d'études en lien avec les appareils d'entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel chez les personnes atteintes de sclérose en plaques ont été identifiés. Cette étude viendra répondre à ces manques en étudiant l'efficacité d'un protocole d'entraînement avec l'appareil Zénith chez les personnes atteintes ayant un EDSS entre 6 et 7 et en le comparant à un groupe contrôle qui exécutera un protocole d'entraînement traditionnel de la marche.

Ceci a mené aux questions de recherche suivantes :

- 1) L'entraînement de la marche au sol avec l'appareil Zénith est-il efficace pour améliorer l'équilibre, la force musculaire du membre inférieur et la capacité à la marche chez une population atteinte de sclérose en plaques?
- 2) Comment se compare l'entraînement de la marche au sol avec l'appareil Zénith à un entraînement traditionnel sans soutien du poids corporel?

Notre première hypothèse de départ est que tous les paramètres à l'étude s'amélioreront suite aux deux méthodes d'entraînement. Notre deuxième hypothèse de départ est que l'utilisation de l'appareil Zénith dans le cadre d'un entraînement de la marche fournira de meilleurs résultats au niveau de l'amélioration de la vitesse et de l'endurance de marche,

de la force musculaire du membre inférieur et de l'équilibre chez une population atteinte de sclérose en plaques comparativement à l'entraînement traditionnel seul puisqu'il peut potentiellement permettre de s'entraîner à une intensité supérieure tout en demeurant sécuritaire. En effet, l'appareil Zénith permet aux patients d'avoir une vitesse de marche plus élevée que la vitesse de marche normale sans compromettre leur sécurité. Des contractions musculaires plus rapides semblent d'ailleurs fournir de meilleurs résultats au niveau des gains de force et de puissance musculaire (de Souza-Teixeira et al., 2009). La puissance semble elle-même reliée à de meilleurs résultats au test *Timed up and Go*, mesurant l'équilibre et la mobilité, ce qui laisse croire que l'appareil Zénith pourrait fournir de meilleurs résultats que l'entraînement traditionnel seul (de Souza-Teixeira et al., 2009). L'appareil permettrait aussi un plus grand volume d'entraînement que l'entraînement traditionnel, ce qui, selon certains auteurs, pourrait mener à de meilleurs résultats (Schwartz et al., 2009; de Souza-Teixeira et al., 2009). Le fait que l'appareil soit démontable et puisse se transporter d'un endroit à l'autre rend également la pratique de l'entraînement plus accessible que dans un milieu clinique pour les personnes atteintes, ce qui peut représenter un avantage.

3 REVUE DE LA LITTÉRATURE

3.1 Troubles de la marche

Cette section abordera les troubles de la marche. Ces troubles seront décrits et leurs causes potentielles seront abordées.

Des troubles de la marche sont fréquemment observés chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Selon une étude descriptive (Confavreux et al., 2000), plus d'un patient sur deux développerait des troubles de la marche après plusieurs années de progression de la maladie. Dans cette section, des études d'auteurs qui se sont intéressés aux troubles de la marche ainsi qu'à leurs causes potentielles seront discutées.

Certaines de ces études se sont intéressées aux paramètres spatiotemporels de la marche (Arpin et al., 2016; Martin et al., 2006; Kalron et al., 2011). Globalement, les études montrent qu'à leur vitesse préférée, les sujets atteints de sclérose en plaques ont une vitesse de marche plus lente, une longueur de pas plus courte, une plus grande largeur de pas et une cadence plus lente qu'une population en santé (Arpin et al., 2016). De plus, la longueur et la largeur des pas sont plus variables chez les sujets avec une sclérose en plaques comparativement à une population saine. Les mêmes résultats ont été observés à leur vitesse maximale. Les personnes atteintes passent également plus de temps en période de double-support, qui correspond à la période pendant laquelle les deux pieds sont en contact avec le sol (Martin et al., 2006). L'endurance de marche est aussi diminuée. Ces déficits de la marche peuvent être observés tôt dans la maladie. Une étude récemment publiée (Kalron et al., 2011) a d'ailleurs montré que ces symptômes pouvaient se manifester lors du syndrome clinique isolé, qui représente la première phase de la sclérose en plaques avant le diagnostic officiel. Les auteurs de cette étude croient qu'il est important d'identifier les troubles de la marche le plus tôt possible puisque le fait d'entamer un programme de réhabilitation rapidement maximiserait les chances de succès des personnes atteintes. La cinématique de la marche peut également être affectée en cas de sclérose en plaques. Martin et al. (2006) ont mesuré la cinématique du genou et de la cheville lors de la marche sur le plan sagittal à l'aide de marqueurs réfléchissants placés sur les sujets. Après avoir été analysées par un logiciel

d'analyse du mouvement et comparées à un groupe contrôle, les données obtenues ont révélé que l'amplitude de mouvement de la cheville était significativement réduite comparativement au groupe contrôle, particulièrement lors de la dorsiflexion dans la phase d'appui. De plus, le contact initial du pied au sol se faisait généralement avec un certain degré de flexion plantaire chez les sujets atteints alors que les sujets sains effectuaient le contact avec un certain degré de flexion dorsale. Les auteurs ont trouvé des liens entre ces résultats et ceux de l'électromyographie (EMG). À cet effet, lors que Martin et al. (2006) ont utilisé l'EMG pour mesurer l'activité de certains muscles nécessaires à la marche, ils ont découvert que le niveau d'activité des muscles tibial antérieur et gastrocnémiens était plus bas chez les personnes atteintes que chez les sujets en santé. En lien avec ces données, ils ont émis l'hypothèse que les changements au niveau de la cinématique pourraient être liés à un déficit du contrôle moteur suggérant une atteinte du faisceau pyramidal. Ils n'ont toutefois pas trouvé la signification précise des anomalies de l'EMG sur le plan fonctionnel. Selon, eux, plus de recherche devrait être faite à ce sujet.

Bien que la cause des troubles de la marche chez les patients atteints de sclérose en plaques ne soit pas entièrement connue, plusieurs chercheurs ont relié ces troubles avec certains symptômes. Les études réalisées à ce sujet laissent entrevoir que les causes seraient multiples. Premièrement, plusieurs études ont associé les troubles de la marche au déficit de force musculaire des membres inférieurs (Mevellec et al., 2003; Yahia et al., 2011; Arpin et al., 2016). Le déficit de force musculaire des ischio-jambiers semble être celui qui est le plus corrélé aux troubles de la marche (Mevellec et al., 2003). Afin de mieux comprendre la relation entre le déficit de force musculaire du membre inférieur et certaines particularités de la sclérose en plaques, les auteurs de l'étude de Mevellec et al. (2003) ont divisé les personnes atteintes en trois groupes selon leurs symptômes afin de vérifier si la présence de certains symptômes pouvait modifier la corrélation entre le déclin de la force et de la vitesse de marche. Le premier groupe était atteint d'un déficit proprioceptif caractérisé par la diminution de la sensibilité vibratoire ou par des erreurs au niveau de la reconnaissance du sens de position d'un segment du membre inférieur. Le deuxième groupe était atteint d'un déficit cérébelleux caractérisé par une dysmétrie du membre inférieur. Finalement, le troisième groupe était

atteint de spasmes. Une corrélation a été observée entre le moment de force des ischio-jambiers les plus faibles et la vitesse de marche. Cette corrélation était plus forte dans le groupe avec déficit proprioceptif. En ce qui concerne les quadriceps, seul le groupe avec déficit proprioceptif a montré une corrélation significative avec la vitesse de marche. Le déficit de force musculaire des ischio-jambiers apparaît d'ailleurs lors du syndrome clinique isolé, représentant le premier stade de la maladie (Kalron et al., 2011).

Une étude effectuée quelques années plus tard (Yahia et al., 2011) a d'ailleurs fourni plus d'information à ce sujet. Les auteurs de cette étude ont découvert que l'on pouvait observer des corrélations significatives entre les moments de force moyens des muscles quadriceps et ischio-jambiers avec la vitesse de la marche. Le moment de force des ischio-jambiers était également corrélé avec l'équilibre statique les yeux fermés. Les auteurs de cette étude ont conclu que la perte d'équilibre chez les personnes atteintes dépendait en partie du déficit de force au niveau des ischio-jambiers en plus de dépendre du manque de proprioception. Ils ont mentionné que le fait de connaître le lien entre ces symptômes pourrait servir à créer des protocoles de réhabilitation de la marche plus ciblés et plus efficaces. Selon eux, en se fiant sur les hypothèses trouvées, un programme efficace devrait contenir des exercices de proprioception, des exercices à visée fonctionnelle ainsi qu'un renforcement des quadriceps et des ischio-jambiers (Yahia et al., 2011). Nous pouvons noter qu'il y a une divergence entre cette étude et celle de Mevellec et al. (2003) au niveau de la corrélation entre le moment de force des quadriceps et les paramètres spatiotemporels de la marche. Bien que la cause soit inconnue, le fait que les auteurs de Yahia et al. (2011) n'aient pas divisé les patients en groupes selon les symptômes et qu'ils mesuraient des paramètres spatiotemporels supplémentaires, soit la cadence et la longueur d'enjambée pourrait expliquer cette divergence entre les résultats.

Le déficit de force et de contrôle musculaire des fléchisseurs plantaires serait également en cause dans les troubles de la marche (Arpin et al., 2016). En effet, en plus de générer plus d'erreurs en essayant de contrôler la force de leurs fléchisseurs plantaires, les personnes atteintes de sclérose en plaques ont moins de force dans ce groupe musculaire. Les auteurs de l'étude de Arpin et al. (2016) ont pu établir une corrélation négative modérée entre

le coefficient de variation des fléchisseurs plantaires et certains paramètres spatiotemporels de la marche incluant la longueur de foulée, la cadence ainsi que la vitesse de marche. Ils ont conclu que la variabilité au niveau du contrôle des fléchisseurs plantaires pourrait donc être en partie liée aux troubles de la marche. Selon les auteurs de l'étude, la variabilité pourrait, entre autres, être due au fait que les personnes atteintes seraient incapables de bien activer les unités motrices nécessaires au mouvement de la cheville ainsi qu'à la faiblesse musculaire. Finalement, une corrélation faible a été observée entre la force des fléchisseurs plantaires, la vitesse de marche et la longueur de foulée. Les chercheurs de l'étude ont toutefois noté que le fait de contrôler sa force à 20 % du moment de force maximal n'était pas représentatif de la marche, ce qui constitue une importante limitation (Arpin et al., 2016). De plus, les muscles de la hanche n'ont pas été étudiés dans ces études ce qui, selon certains auteurs (Kalron et al., 2011), aurait été intéressant puisque les muscles moyens et grands fessiers influenceraient les paramètres spatiotemporels de la marche.

En plus du déficit de force, la spasticité a aussi été reliée aux troubles de la marche dans une étude réalisée par Sosnoff et al. (2011). Cette étude a montré que les patients qui présentaient ce symptôme au niveau des muscles gastrocnémiens avaient obtenu de moins bons résultats dans les tests servant à mesurer la vitesse et l'endurance de marche ainsi que l'équilibre. Ils avaient également une moins bonne perception de leur capacité de marche. Le groupe avec spasticité avait toutefois un handicap plus élevé que le groupe contrôle selon l'EDSS et les auteurs n'ont pas pu déterminer si ce phénomène était entièrement lié à la spasticité, ce qui est à prendre en considération au niveau de l'interprétation des résultats. De plus, la spasticité a été mesurée au repos et non à l'effort, ce qui a pu influencer les résultats.

Dans l'étude de Martin et al. (2006), les auteurs ont aussi discuté de l'hypothèse que les troubles de la marche pourraient être liés aux troubles de l'équilibre, mais que plus d'études étaient nécessaires pour confirmer ceci. L'argument principal en faveur de cette hypothèse est que les personnes atteintes adopteraient un patron de marche plus stable afin de compenser pour les déficits d'équilibre. Les auteurs de l'étude de Kalron et al. (2011) ont également émis cette hypothèse en mentionnant que le centre de masse était à son plus bas lors de la phase de double support de la marche, ce qui améliore l'équilibre. Selon eux, il serait donc logique que

les personnes atteintes présentant des problèmes d'équilibre prolongent leur phase de double support lors de la marche. Chez les personnes âgées, cette démarche semble d'ailleurs reliée à la peur de tomber (Maki, 1997).

3.2 Entraînement et sclérose en plaques

La section suivante fera état de ce que l'on sait sur l'entraînement et la sclérose en plaques. Tout d'abord, l'importance de l'entraînement chez les personnes atteintes de sclérose en plaques sera abordée. Ensuite, il sera question de toutes les méthodes d'entraînement qui ont été testées chez la population atteinte de sclérose en plaques et de l'efficacité de celles-ci. Elles seront comparées selon les filières travaillées et selon les protocoles employés. Après cela, il sera question des mécanismes neurophysiologiques expliquant les résultats présents dans les différentes études. Finalement, les limites présentes dans les différentes études et les manques dans la littérature seront discutés.

3.2.1 Importance de l'entraînement

Au départ, l'exercice était contrindiqué chez les personnes atteintes de sclérose en plaques puisque les médecins considéraient que sa pratique risquait d'aggraver certains symptômes, notamment la fatigue (Pilutti et al., 2011). Depuis, de nombreuses études se sont intéressées à l'effet de différents protocoles d'entraînement chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. En plus de montrer que l'entraînement n'avait aucun effet néfaste en lien avec l'aggravation de la maladie, les études ont aussi montré plusieurs effets bénéfiques de l'entraînement chez les personnes atteintes (Motl, 2010). Aujourd'hui, selon plusieurs auteurs, l'entraînement serait une option intéressante à envisager dans le traitement de plusieurs symptômes de la sclérose en plaques, notamment dans la réhabilitation de la marche (Motl, 2010). À cet effet, certaines études ont montré qu'il était possible pour les personnes atteintes d'apprendre de nouvelles tâches motrices, peu importe la sévérité de leur handicap, ce qui laisse croire que l'entraînement de la marche pourrait leur être bénéfique (Zahiri et al., 2016; Tomassini et al., 2011).

De plus, la sclérose en plaques est incurable et les médicaments prescrits aux personnes atteintes dans le but de mieux gérer leurs symptômes et d'augmenter leur autonomie, perdent

leur efficacité avec durée de la maladie (Motl, 2010). Une hypothèse soulevée par les auteurs pour expliquer ce phénomène serait que le handicap progresse en raison du déconditionnement physique (Motl, 2010). En effet, les personnes atteintes ont tendance à réduire leur niveau d'activité physique, ce qui a pour effet de réduire leurs capacités physiques, tant au niveau aérobie, musculaire et de l'équilibre, ce qui peut éventuellement mener à un plus grand handicap, particulièrement au niveau de la mobilité. Plus précisément, une récente étude montre que plus les personnes atteintes avancent en âge, plus ils ont tendance à réduire leur niveau d'activité physique d'intensité modérée à vigoureuse. L'activité physique d'intensité modérée à vigoureuse serait d'ailleurs liée à la capacité de marche, particulièrement chez les personnes atteintes âgées entre 60 et 79 ans (Baird et al., 2019). Une stratégie non-pharmacologique complémentaire au traitement serait alors à envisager pour aider les personnes atteintes à garder leur autonomie. L'entraînement et le changement de comportement en matière d'activité physique semblent donc être des approches de choix à adopter afin de préserver l'autonomie des personnes atteintes (Motl, 2010).

3.2.2 Méthodes d'entraînement testées et efficacité

L'effet de l'entraînement chez les personnes atteintes de sclérose en plaques a été évalué dans plusieurs études où de nombreuses modalités et protocoles d'entraînement visant à travailler différentes filières énergétiques ont été testés. Dans cette section, ces protocoles seront présentés, puis les résultats seront discutés.

Dans l'optique de mieux comprendre l'effet de l'entraînement chez les personnes atteintes de sclérose en plaques, une méta-analyse basée sur plus de 100 articles scientifiques a été réalisée par Motl et Pilutti, (2012). En premier lieu, les deux chercheurs montrent que les interventions pouvaient n'avoir aucun effet sur la fatigue ou la diminuer, aucun protocole d'entraînement n'ayant empiré la fatigue, ce qui montre que l'entraînement est bien toléré par les personnes atteintes. En second lieu, certaines évidences existent par rapport au fait que l'exercice pourrait diminuer les symptômes de dépression, mais ce phénomène n'est pas présent dans toutes les études. Les auteurs mentionnent toutefois qu'aucune étude n'a évalué la dépression comme mesure principale et que plusieurs participants ne souffraient pas de dépression, ce qui a pu modifier les résultats.

Concernant les filières énergétiques, il existe des évidences que plusieurs types d'entraînements tels que l'entraînement contre résistance combiné ou non à l'entraînement aérobic, l'entraînement en piscine et l'entraînement de la marche avec poids du corps supporté sont efficaces pour améliorer la force musculaire (Motl et Pilutti, 2012). L'entraînement aérobic serait également efficace pour améliorer le Vo2 max chez les personnes atteintes et aurait des effets supérieurs chez les personnes ayant une meilleure capacité de marche.

En ce qui concerne l'équilibre, il existe des évidences que ce paramètre peut être amélioré par l'entraînement en stabilité, l'entraînement en piscine et l'entraînement combiné (étirements, force et aérobic). Les paramètres spatiotemporels de la marche peuvent également s'améliorer, tout comme la vitesse et l'endurance de marche. La qualité de vie semble également s'améliorer suite à l'entraînement, particulièrement lorsqu'elle est évaluée à l'aide d'échelles spécifiques à la sclérose en plaques. La performance dans les activités de la vie quotidienne semble aussi s'améliorer, mais seulement lorsque le programme est supervisé. De plus, peu d'études ont étudié les effets de l'entraînement sur la cognition, ce qui, selon les auteurs, devrait être exploré dans le futur (Motl et Pilutti, 2012).

Ensuite, certaines évidences suggèreraient aussi que l'exercice puisse diminuer le processus inflammatoire de la sclérose en plaques, mais plus de recherche doit être faite à ce sujet. Finalement, le lien entre l'entraînement et les structures du système nerveux central n'est pas encore établi, mais les auteurs croient que le fait qu'il existe des évidences que l'exercice est bénéfique pour les structures et les fonctions cérébrales chez les personnes âgées devrait mener à des recherches chez la population atteinte de sclérose en plaques (Motl et Pilutti, 2012).

Certaines études ont observé quelques types d'entraînement de manière plus spécifique, notamment l'entraînement aérobic, l'entraînement de l'équilibre, l'entraînement contre résistance et l'entraînement combiné. En ce qui concerne l'entraînement contre résistance, Gutierrez et al. (2004) ont observé qu'un programme de renforcement musculaire du membre inférieur et du tronc avec appareils respectant les recommandations de l'*American College of Sports Medicine* (ACSM) pour les personnes âgées pouvait améliorer les paramètres spatiotemporels de la marche, notamment en augmentant la longueur de foulée et

en réduisant la période passée en phase de double support. De plus, l'angle du pied était augmenté ainsi que la force isométrique dans les extenseurs du genou et les fléchisseurs plantaires. La capacité à monter des escaliers était aussi améliorée par le programme. Finalement, la fatigue ainsi que le score de l'EDSS ont baissé suite à l'entraînement, indiquant un moins grand handicap. En plus de ces résultats prometteurs, le programme a été bien toléré par les participants puisqu'aucune aggravation de la maladie n'a été notée ce qui, selon les auteurs de l'étude, signifie que l'entraînement contre résistance pourrait être efficace dans la réhabilitation de la marche et des habiletés fonctionnelles. Bien que ceci n'ait pas été mesuré, les sujets participant à l'étude ont d'ailleurs rapporté être en mesure de faire des activités qu'ils avaient arrêté de pratiquer telles que la randonnée ou le fait de monter les escaliers plus souvent. Un autre fait intéressant observé dans cette étude est que, pour des raisons inconnues à ce jour, les améliorations étaient plus grandes chez les personnes ayant un handicap plus élevé selon l'EDSS. Parmi les muscles importants à entraîner, les auteurs de l'étude de Robineau et al. (2005) ont constaté que le fait de renforcer les ischio-jambiers semble conduire à une amélioration de la capacité de marche. De plus, les muscles du tronc seraient particulièrement importants à entraîner pour une plus grande amélioration de l'équilibre (Motl et Pilutti, 2012). Pour de meilleurs résultats, tous les muscles des membres inférieurs et du tronc devraient être entraînés puisque les adaptations sont spécifiques à chaque muscle entraîné (Motl et Pilutti, 2012). En ce qui concerne le mode d'entraînement à favoriser, il n'existe pas encore de consensus, mais l'entraînement axé vers la puissance avec contraction excentrique contrôlée et contraction concentrique rapide semble fournir des résultats supérieurs au niveau des gains musculaires en force maximale, en puissance ainsi qu'au test *Timed up and Go*, mesurant l'équilibre statique et dynamique ainsi que la mobilité. Une corrélation a d'ailleurs été observée entre la puissance et le résultat à ce test (de Souza-Teixeira et al., 2009). Les auteurs de l'étude ont aussi observé que ce type d'entraînement était sécuritaire et n'avait pas causé de blessures chez les personnes atteintes l'ayant expérimenté.

L'entraînement aérobic a également été étudié individuellement et avec ajout de certaines variantes chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Van den Berg et al. (2006) ainsi que Newman et al. (2007) se sont intéressés à l'entraînement de type aérobic sur

tapis roulant dans le cadre de deux différentes études. Ces deux études ont montré que l'entraînement de la marche de type aérobie à une fréquence cardiaque se situant entre 55 % et 85 % de la fréquence cardiaque maximale prédite semble améliorer la consommation d'oxygène au repos et à l'effort chez les personnes atteintes de sclérose en plaques, en plus d'améliorer la vitesse et l'endurance de marche. De plus, certains paramètres spatiotemporels de la marche tels que le temps passé en phase d'appui et la longueur de la foulée se sont également améliorés suite à cet entraînement. Les résultats étaient significatifs et ont été atteints en une période relativement courte d'un mois. Selon les auteurs de ces études, le fait que les participants aient atteint des résultats significatifs aussi rapidement en lien avec la capacité de marche serait relié à la spécificité de l'entraînement. Selon eux, le fait d'entraîner la marche serait plus efficace que d'autres types d'entraînement moins spécifiques, par exemple l'entraînement aquatique. À ce sujet, les auteurs de l'étude de Gehlsen, et al. (1986) ont rapporté qu'un programme d'entraînement aquatique non-spécifique à la marche n'avait aucun impact sur les paramètres spatiotemporels de la marche.

Certains chercheurs ont ajouté quelques paramètres à l'entraînement de la marche. Par exemple, les auteurs de l'étude de Shahraki et al. (2017) ont testé la stimulation auditive rythmique lors de l'entraînement de la marche. Ils ont découvert que les participants à l'étude obtenaient une plus grande amélioration de certains paramètres spatiotemporels de la marche, incluant la cadence, la vitesse de marche et la longueur de foulée lors de l'analyse en laboratoire lorsqu'ils s'entraînaient en suivant le rythme d'un métronome fixé à 10 % au-dessus de leur vitesse de marche préférée, qui avait été préalablement testée. Selon les auteurs, les résultats seraient dus au fait que cette technique améliorerait la coordination de mouvements rythmiques tels que la marche par la synchronisation auditive motrice dans le système nerveux central. Le rythme auditif activerait les régions auditive et motrice du cerveau, ce qui mènerait à un meilleur contrôle de la marche par une meilleure activation des muscles nécessaires à la marche. Un autre paramètre ayant été testé lors de l'entraînement de la marche sur tapis roulant est la perturbation de la marche. Cette méthode n'a toutefois pas été testée chez la population atteinte de sclérose en plaques, mais plutôt chez la population atteinte de Parkinson (Protas et al., 2005). Ce type d'entraînement consistait à marcher dans quatre directions : en ligne droite,

de côté et à reculons. De plus, dans l'optique de travailler l'équilibre, le tapis pouvait être arrêté à tout moment sans avertissement. Selon les auteurs de l'étude de Protas et al. (2005), ce type d'entraînement peut améliorer l'équilibre, réduire le nombre de chutes et améliorer certains paramètres spatiotemporels de la marche incluant la vitesse de marche ainsi que la longueur d'enjambée.

Par ailleurs, l'entraînement spécifique à l'équilibre a aussi été étudié chez la population atteinte de sclérose en plaques dans une étude réalisée par Gandolfi et al. (2015). Le programme d'entraînement testé par les chercheurs de cette étude était basé sur le traitement de l'information sensorielle par le système nerveux central et visait à traiter les déficits proprioceptifs. Les auteurs ont conclu que ce type de programme semblait être efficace pour améliorer l'équilibre et réduire le nombre de chutes. Dans ce programme, les sujets s'entraînaient à améliorer leur habileté à intégrer les entrées multisensorielles pendant les exercices d'équilibre. Ils devaient performer des exercices d'équilibre en traitant les informations sensorielles tant au niveau vestibulaire, visuel et somatosensoriel. Les auteurs ont souligné le fait qu'il était important que l'entraînement soit adapté puisque les atteintes ne sont pas les mêmes pour tout le monde.

Dans le but de répondre à une limite qu'ils avaient préalablement observé dans une revue de littérature, Molt et al. (2012) ont cherché à évaluer l'effet d'un entraînement combiné chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Cet entraînement, combinant des exercices de renforcement musculaire, d'aérobic, d'étirements et d'équilibre, a résulté en une amélioration de l'équilibre, de la vitesse de marche ainsi que de certains paramètres spatiotemporels de la marche, indiquant une démarche plus efficace. Les chercheurs ont conclu qu'un programme d'entraînement combiné était efficace pour améliorer la mobilité des personnes atteintes de sclérose en plaques et semblait supérieur à un programme visant une seule modalité d'entraînement. Dans une autre étude sur l'entraînement combiné, Chisari et al. (2014) ont tenté de tester le plus de paramètres possible afin de mieux comprendre les effets de ce type d'entraînement. Leur étude a montré qu'un entraînement combiné améliorait l'équilibre, la mobilité, la vitesse de marche et la consommation d'oxygène en plus d'avoir un effet bénéfique sur la dépression ainsi que de réduire l'impact de la sclérose en plaques sur

certains aspects physiques et psychologiques du point de vue du patient. Seules l'endurance et la qualité de vie se sont améliorées de manière non significative, ce que les auteurs ont expliqué par la courte durée du programme (2 semaines). Afin de valider ces résultats, Kalron et al. (2015) ont effectué une étude auprès d'un plus grand échantillon comptant 312 personnes. L'étude a confirmé que l'entraînement combiné était efficace pour obtenir des gains au niveau de l'équilibre, de la mobilité et de la vitesse de marche en plus de montrer que des gains significatifs en endurance pouvaient être obtenus.

3.2.3 Mécanismes neurophysiologiques

En général, les mécanismes neurophysiologiques expliquant l'effet de l'exercice sur des paramètres tels que la capacité de marche, la force musculaire et l'équilibre demeurent incompris à ce jour (Chisari et al., 2014; Kalron et al., 2015; Gandolfi et al., 2015). Les auteurs de quelques études ont toutefois proposé quelques pistes et observé certains phénomènes en lien avec l'entraînement. En premier lieu, pour des raisons encore inexpliquées, certains auteurs ont observé que l'entraînement avait plus de chances de donner de bons résultats s'il était spécifique à ce que l'on veut entraîner et s'il imitait des situations de la vie de tous les jours (Chisari et al., 2014). D'autres études ont noté de meilleurs résultats lorsque l'entraînement était adapté individuellement à chaque participant (Gandolfi et al., 2015). De plus, deux études ont observé que les améliorations suite à un programme d'entraînement étaient plus grandes chez les personnes ayant un handicap plus élevé selon l'EDSS (Gutierrez et al., 2004; Kalron et al., 2015). Bien que ce phénomène soit inexpliqué, les auteurs de la revue de la littérature de Motl et al. (2010) ont observé que les personnes ayant un plus grand handicap semblent plus déconditionnées physiquement, ce qui pourrait expliquer en partie qu'un programme d'entraînement leur apporte de plus grandes améliorations. La baisse de la vitesse et de l'endurance de marche semble d'ailleurs liée à la baisse d'activité physique d'intensité modérée à vigoureuse, particulièrement chez les personnes atteintes de 60 à 79 ans, ce qui concorde avec cette revue de la littérature (Baird et al., 2019).

En ce qui concerne les mécanismes, selon les auteurs de l'étude de Gutierrez et al. (2004), l'entraînement de la force pourrait créer des adaptations neurales telles qu'une meilleure activation et synchronisation des unités motrices. Ces adaptations pourraient être

bénéfiques aux personnes atteintes dépendamment de la location et de l'ampleur des plaques. Ils ont aussi mentionné qu'il était possible que le renforcement musculaire ait augmenté la coordination et l'efficacité de la marche, ce qui pourrait expliquer le patron de marche moins conservateur observé chez les sujets suite à l'entraînement.

Dans un même ordre d'idée, de Souza-Teixeira et al. (2009) ont mentionné qu'un plus grand stimulus pour les adaptations neurales pouvait fournir une plus grande amélioration de la force et de la puissance musculaire, ce qui pourrait expliquer le plus grand effet d'un entraînement en puissance chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Ils ont aussi mentionné que le volume d'entraînement et la vitesse de contraction pouvaient influencer les adaptations musculaires à l'entraînement contre résistance, les contractions plus rapides et un plus grand volume fournissant de meilleures adaptations. À cet effet, ils ont d'ailleurs observé qu'aucune corrélation n'avait été trouvée entre le gain de masse musculaire et les adaptations musculaires à l'entraînement (force, puissance et endurance) dans leur étude, suggérant que les gains musculaires étaient majoritairement dus à des adaptations neurales.

De plus, les auteurs de l'étude de Motl et al. (2012) ont mentionné que les raisons pour lesquelles l'entraînement combiné semblait plus efficace que l'entraînement d'une seule filière étaient que les difficultés de la marche pourraient être dues à des troubles de l'équilibre ainsi qu'au déclin de plusieurs systèmes incluant le système aérobie et le système musculaire. Selon eux, travailler toutes ces composantes donnerait plus de chances d'obtenir de meilleurs résultats dans la réhabilitation de la marche auprès des personnes atteintes.

En ce qui concerne l'équilibre, bien que les mécanismes demeurent encore incompris, les auteurs de l'étude de Gandolfi et al. (2015) ont souligné que l'amélioration du traitement de l'information sensorielle des systèmes vestibulaire, visuel et somatosensoriel par le système nerveux permet de stabiliser le centre de masse et de prévenir les chutes, ce qui pourrait expliquer qu'un programme d'entraînement visant à améliorer ces paramètres serait efficace. De plus, selon Protas et al. (2005), la réduction des chutes serait corrélée à un gain d'équilibre dynamique et à l'amélioration de la vitesse de marche. Les mécanismes expliquant ce phénomène seraient toujours inexpliqués.

Un autre mécanisme ayant été exploré est l'interférence cognitivo-motrice (Downer, et al., 2016). En effet, il semblerait que les personnes atteintes aient une interférence cognitivo-motrice légèrement plus élevée que les sujets sains (Learmonth et al., 2017). Cette interférence fait en sorte qu'une action motrice telle que la marche peut être détériorée lorsqu'une tâche cognitive doit être exécutée en même temps en raison de l'augmentation de la charge attentionnelle. Par ailleurs, la performance à une tâche cognitive peut également être détériorée par une tâche motrice (Downer et al., 2016). Bien qu'il n'y ait pas une grande différence entre cette interférence chez les sujets sains et les personnes atteintes, il est toutefois possible que l'effet de celle-ci soit plus grand chez les personnes atteintes en raison de la diminution de leurs capacités de base (Learmonth et al., 2017). Dans une étude, Cruz et al. (2016) suggèrent d'ailleurs que le fait d'ajouter une tâche cognitive pendant l'entraînement physique pourrait être efficace pour améliorer l'équilibre. Leur hypothèse est qu'étant donné que l'interférence cognitivo-motrice détériore l'équilibre, le fait de la créer volontairement de manière contrôlée amènerait les sujets à s'améliorer dans ces conditions et donc à réduire les risques de chutes. De plus, il serait également possible que le fait de travailler des tâches cognitives et motrices en même temps améliore la plasticité du cerveau, mais plus de recherches doivent être faites à ce sujet (Downer et al., 2016).

Finalement, bien qu'ils n'aient pas étudié les mécanismes derrière les résultats de leur entraînement, les auteurs de l'étude de Kalron et al. (2015) ont mentionné qu'il serait intéressant de voir si une augmentation de l'endurance au *2-minute walk test* et de la vitesse de marche serait liée à la plasticité du cerveau. Les auteurs de l'étude de Tomassini et al. (2011) suggèrent d'ailleurs qu'il serait possible que la plasticité du cerveau contribue à la réhabilitation fonctionnelle chez les personnes atteintes. Toutefois, plus d'études doivent être réalisées pour mieux comprendre les mécanismes.

3.2.4 Limites des études et manques dans la littérature

Plusieurs limites ont été observées par les auteurs d'études en lien avec l'entraînement et la sclérose en plaques. En premier lieu, Motl et Pilutti, (2012) ont observé qu'il n'y avait pas assez de description sur certaines caractéristiques de l'échantillon pouvant influencer le résultat de l'intervention telles que la prise de médicaments, le type de sclérose en plaques,

l'âge et la durée de la maladie. Pour illustrer ce phénomène, ils ont donné l'exemple de la fatigue qui ne changeait pas dans certaines interventions et qui s'améliorait dans d'autres interventions. Selon eux, la différence dans les résultats pourrait être expliquée par le niveau de fatigue de base des participants aux études qui n'était pas recensé. En second lieu, certaines études ont mentionné qu'une de leur limitation était qu'elles avaient un petit échantillon, ce qui rendait la généralisation des résultats difficile (Newman et al., 2007; Van den Berg et al., 2006; Gutierrez et al., 2004; de Souza-Teixeira et al., 2009). Une autre limitation présente dans certaines études était l'absence de groupe contrôle (Newman et al., 2007; Chisari et al., 2014; Robineau et al., 2005; Molt et al., 2012; Gutierrez et al., 2004; Kalron et al., 2015).

En ce qui concerne les manques dans la littérature, Motl et al. (2010) ont observé que fréquemment, un seul mode d'entraînement était étudié à la fois et qu'aucun entraînement combinant plusieurs modalités n'avait été testé. Les auteurs de la revue ont également constaté que peu d'entraînements étaient testés sur une longue période pouvant aller de 3 à 6 mois, ce qui vient créer un manque de connaissances sur les effets des programmes d'entraînement à long terme. Certaines autres études ont d'ailleurs mentionné qu'une de leur limite était la courte période d'entraînement (Kalron et al., 2015; Dettmers et al., 2009; Van den Berg et al., 2006; Molt et al., 2012).

Par ailleurs, les auteurs de l'étude de Dettmers et al. (2009) ont noté que les modes d'entraînement sont rarement comparés entre eux. Il est donc difficile de distinguer les effets d'un type d'entraînement par rapport à un autre. Les auteurs de cette étude ont d'ailleurs tenté de répondre à ce manque en comparant les effets d'un entraînement en endurance axé vers la marche, la capacité aérobie et l'endurance musculaire à un entraînement de la coordination, de l'équilibre et de la flexibilité. Suite aux programmes d'entraînement, les participants au programme d'endurance ont eu une plus grande amélioration de la distance de marche. Toutefois, la fatigue, la qualité de vie et la dépression se sont plus améliorées à l'aide de l'entraînement de la coordination, de l'équilibre et de la flexibilité, ce qui montre que les deux entraînements sont complémentaires. Selon les auteurs, plus de recherche doit être faite à ce sujet. Un autre facteur qui rend la comparaison difficile entre les différents modes d'entraînement est le manque d'homogénéité au niveau des tests utilisés pour mesurer

certaines variables. Par exemple, l'étude de Molt et al. (2012) a utilisé le *Timed 25-Foot Walk* pour mesurer la vitesse de marche alors que l'étude de Van den Berg et al. (2006) a utilisé le *10-m walk test*.

De plus, les protocoles d'entraînement sont souvent différents, ce qui complique aussi la comparaison entre les différents modes d'entraînement. Par exemple, dans leur étude, de Souza-Teixeira et al. (2009) ont observé que leur protocole d'entraînement basé sur la puissance a fourni de meilleurs résultats que les protocoles d'entraînement présents dans d'autres études. Toutefois, le fait qu'ils aient utilisé un plus grand volume d'entraînement (3 séries) que les autres études (2 séries) a fait en sorte qu'ils n'ont pas pu confirmer qu'un entraînement en puissance était supérieur aux autres types d'entraînement puisque le volume plus élevé pouvait aussi être en cause.

Une étude (Sangelaji et al. 2016) ayant constaté que le dosage d'entraînement favorisant des résultats optimaux chez les personnes atteintes de sclérose en plaques n'était pas encore bien défini a tenté de répondre à ce manque en testant un entraînement combinant l'entraînement contre résistance et l'entraînement aérobique dans le but de déterminer quelle était la fréquence d'entraînement idéale sur une semaine pour chacune des filières énergétiques entraînées. Selon cette étude, il semblerait qu'un entraînement à prédominance aérobique (3 fois aérobique et 1 fois résistance) serait plus efficace pour améliorer l'équilibre, la mobilité et l'endurance chez les personnes atteintes. Les auteurs ont toutefois mentionné que plus d'études avec une plus grande variété d'exercices devraient être faites avant de tirer des conclusions. De plus, ils ont noté que l'entraînement en force aurait pu être plus efficace si d'autres muscles du membre inférieur avaient été travaillés en plus des fléchisseurs et des extenseurs du genou, ce qui limite la valeur de ces résultats.

En conclusion, de nombreux protocoles d'entraînement ont été testés chez la population atteinte de sclérose en plaques. Bien qu'il ait été montré par de nombreuses études que l'entraînement était bénéfique chez cette population, notamment au niveau de la réhabilitation de la marche et de l'équilibre, il demeure difficile d'établir quel protocole d'entraînement est le plus efficace puisqu'il est impossible de tout tester dans une même étude et que les symptômes varient d'une personne à l'autre. D'autre part, les études sont difficiles à

comparer entre-elles en raison du manque d'homogénéité au niveau des tests et des protocoles d'entraînement ainsi que du manque de description de certaines caractéristiques de l'échantillon. Par ailleurs, les mécanismes derrière les améliorations observées suite à l'entraînement demeurent, en majeure partie, inexpliqués à ce jour. Certains facteurs qui semblent mener à de meilleurs résultats ont toutefois été identifiés dans la littérature. En effet, un entraînement semble avoir de meilleurs résultats lorsqu'il est spécifique à ce que l'on veut entraîner, par exemple la marche, lorsqu'il est adapté à chaque participant, lorsque le volume est plus élevé et lorsqu'il combine plusieurs systèmes physiologiques. De plus, un entraînement musculaire axé vers la puissance avec contraction concentrique rapide semble également fournir de meilleurs résultats en raison d'un plus grand stimulus pour les adaptations neurales.

3.3 Appareils spécifiques à la réhabilitation de la marche

Bien que l'entraînement soit de plus en plus reconnu comme étant efficace pour améliorer la marche chez les personnes atteintes, particulièrement lorsqu'il est spécifique, il peut s'avérer problématique dans certains cas. En effet, lorsque le handicap est trop sévère, il peut devenir dangereux et même impossible pour les patients d'entraîner la marche de manière spécifique en raison du risque de chutes élevé et du manque de force musculaire dans le membre inférieur (Beer et al., 2008; Zuvich et al., 2009). Afin de remédier à ce manque, des appareils de réhabilitation de la marche avec soutien du poids corporel ont été conçus pour que les personnes atteintes plus sévèrement puissent entraîner spécifiquement la marche sans risque de chutes avec un poids corporel optimal selon la force de leurs membres inférieurs. Certains de ces appareils spécifiques au réapprentissage de la marche, ont été utilisés pour la rééducation de la marche dans de nombreux troubles neurologiques tels que l'AVC et la maladie de Parkinson (Schwartz et al., 2009; Van Hedel et al., 2006). Le fait qu'il existe des évidences que l'entraînement est efficace dans le réapprentissage de la marche chez les personnes atteintes de sclérose en plaques (Motl et Pilutti, 2012) a mené les chercheurs à étudier l'efficacité des appareils de réapprentissage de la marche dans la rééducation de la sclérose en plaques. Dans la section suivante, ces appareils conçus spécifiquement pour la réhabilitation de la marche seront abordés. En premier lieu, les appareils seront décrits et

comparés entre eux du point de vue de leurs particularités. En second lieu, les protocoles d'entraînement ayant été étudiés avec certains appareils seront présentés. Par la suite, certaines études ayant évalué l'efficacité de quelques-uns de ces appareils seront discutées. Finalement, il sera question des limites des études présentées.

3.3.1 Description des appareils existants

Des appareils spécialisés conçus spécifiquement pour la réhabilitation de la marche ont été développés. Ci-dessous, un tableau décrivant les appareils qui existent à ce jour selon leurs fonctionnalités sera présenté.

Tableau 2 : Fonctionnalités des appareils de réapprentissage de la marche avec soutien du poids corporel

Fonctionnalités	Hocoma, Andago	Zénith	Hocoma, Lokomat	Simple harnais	BionessVector	BiodexNxStep	AretechZero- G	<u>Kine Assist®</u>
Marche au sol	x	x			x	x	x	x
Marche sur tapis roulant			x	x	x	x	x	x
Marcher à l'extérieur		x						
Mouvements assis- debout	x				x	* (4 pouces et -)	x	x
Escaliers					x		x	
Surfaces inégales		x			x		x	
Peser le patient		x						
Soutien du poids corporel de 0 à 100 %		x						
Se transporter		x						
Changer de direction/tourner spontanément	x	x				x		x
Système de sécurité	x	x	x	x	x	x	x	x
Contrôle à distance	x	x	x		x	x	x	x
Enregistrer des données	x	x	x		x	x	x	x
Feedback			x			x	x	
Jeux							x	

(Peshkin et al., 2005; HDT Global, 2018; Biodex, 2018; Vector, 2018; Bioness Live On, 2018; Fuhrmann, n/a; Hocoma, 2018; Wier et al., 2011; ARETECH, 2018; Nichols et MSPT, 2011)

L'une des méthodes d'entraînement ayant été étudiée chez la population atteinte de sclérose en plaques est l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel sans aide robotisée. Cette méthode nécessite un tapis roulant et un système de soutien supérieur du poids du corps avec poulie, situé au-dessus de la tête du patient. Le patient est attaché au système à l'aide d'un harnais et peut marcher en ligne droite avec un certain pourcentage de son poids corporel en moins. Une autre méthode d'entraînement ayant été étudiée est l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée (Hocoma, Lokomat). Tout comme la précédente, elle consiste en un entraînement de la marche avec le poids du corps supporté. Toutefois, l'appareil est accompagné d'un exosquelette robotisé et contrôlé à l'aide d'un ordinateur qui vient mimer le mouvement de la marche dans le plan sagittal (Salvatore Calabrò et al., 2017). En ce qui concerne les autres appareils de réapprentissage de la marche, aucune étude n'a été recensée à ce jour, ce qui constitue un manque dans la littérature (Alias et al., 2017).

3.3.2 Avantages et inconvénients des appareils selon les chercheurs

Selon certains auteurs (Giesser, et al., 2007), l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel présente certains inconvénients. En effet, cette méthode d'entraînement peut être exigeante pour les thérapeutes puisqu'au besoin, ils doivent aider le patient à faire le mouvement des jambes pour mimer un bon patron de marche. Un thérapeute peut aussi être sollicité pour aider le patient à se tenir droit. Jusqu'à trois thérapeutes peuvent donc être sollicités lors de l'entraînement d'un patient.

En ce qui concerne l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée, certains auteurs croient que cette méthode d'entraînement pourrait présenter des avantages intéressants, dont la spécificité de la tâche, une meilleure reproduction du patron de marche et des sessions de plus longue durée (Salvatore Calabrò et al., 2017). De plus, un seul thérapeute est sollicité lors de l'entraînement d'un patient. Le niveau d'effort est également moindre pour le thérapeute puisqu'il n'a pas à assister lui-même le patient lors de la marche puisque c'est l'exosquelette robotisé qui vient mimer le patron de marche (Swinnen, 2012). Ces séances sont aussi considérées comme étant plus sécuritaires que l'entraînement conventionnel de la marche (Van Hedel et al., 2006). Finalement, ce type

d'entraînement pourrait permettre aux sujets ayant un handicap les rendant incapables de supporter leur propre poids corporel de pratiquer la marche et de le faire à des vitesses plus élevées (Wier et al., 2011).

3.3.3 Protocoles d'entraînement étudiés avec les appareils

En ce qui concerne les modalités d'entraînement, tant pour l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée que pour l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel, le pourcentage de poids corporel peut être augmenté de même que la vitesse et la durée de marche pour assurer la progression du patient. Dans l'étude de Giesser, et al. (2007), le pourcentage de poids corporel soutenu au début de l'intervention correspondait au poids maximal où le patient pouvait marcher sans que ses genoux ne lâchent et où son tronc pouvait rester droit lors de la marche. Ce critère a d'ailleurs été observé dans d'autres études (Salvatore Calabrò et al., 2017; Pilutti et al., 2011). Aucun protocole d'entraînement optimal n'a toutefois été défini.

Dans les études recensées avant 2012, beaucoup de variations ont d'ailleurs été observées au niveau des paramètres d'entraînement dans les protocoles expérimentaux. Le nombre de séances total variait entre 6 et 42 séances, le nombre de séances par semaine variait entre deux et cinq et la durée totale de l'entraînement variait entre 3 et 21 semaines (Swinnen, 2012). De plus, certaines études ont effectué l'entraînement de la marche seul alors que d'autres ont ajouté d'autres paramètres à cet entraînement. Deux autres paramètres qui varient beaucoup selon les études sont le pourcentage de poids corporel soutenu ainsi que la vitesse de marche puisque ces paramètres sont adaptés aux capacités physiques de base des patients. De plus, certaines études ont ajouté d'autres paramètres à l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée. En effet, lors d'une étude récente, une nouveauté, la réalité virtuelle, a été combinée à l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée pour simuler différents types d'environnements afin de rendre la tâche plus spécifique. Les participants à cette étude combinaient également des exercices d'étirement, de renforcement musculaire et de contrôle postural à l'utilisation de l'appareil. Bien que ce protocole ait montré des effets positifs sur l'équilibre, l'agilité (*Timed up and Go*) ainsi que la force musculaire des muscles des genoux

et des hanches, aucune évidence ne supporte que l'ajout de la réalité virtuelle rendait l'entraînement plus efficace pour améliorer les paramètres de la marche (Salvatore Calabrò et al., 2017).

3.3.4 Efficacité des appareils de réhabilitation de la marche

Une méta-analyse (Swinnen, 2012) a été effectuée afin de déterminer si l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel ou l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée pouvaient apporter une valeur ajoutée en termes d'amélioration de la capacité de marche comparativement à l'entraînement traditionnel de la marche sur tapis roulant. L'étude cherchait également à savoir quelle méthode d'entraînement était la plus efficace entre l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée. Dans toutes les études incluses dans la méta-analyse, les sujets effectuaient des tests visant à évaluer la marche avant et après le protocole d'entraînement afin de voir si l'entraînement avec poids du corps supporté avec ou sans aide robotisée avait eu un impact sur la capacité de marche. Afin d'évaluer la vitesse de marche, deux études ont utilisé le *Timed 25-foot walk*, une étude a utilisé le *20-meter walk test* et les autres études ont utilisé le *10-meter walk test*. L'endurance de marche a été mesurée par deux différents tests dans six des huit études; deux études ont utilisé le *2-minute walk test* alors que les autres études ont utilisé le *6-minute walk test*. Pour ce qui est des autres tests, deux études ont mesuré le niveau du handicap avec l'EDSS et certaines études ont mesuré des paramètres spatiotemporels de la marche tels que la longueur de la foulée, le temps consacré aux cycles de la marche (oscillation, double-support) et la cadence en utilisant une passerelle instrumentée. Suite à l'analyse des données, les chercheurs ont conclu que les deux méthodes d'entraînement ont montré une amélioration significative au niveau de plusieurs paramètres de la marche chez les personnes atteintes de sclérose en plaques, notamment la vitesse et l'endurance de marche. Certaines autres améliorations ont également été observées au niveau de la longueur de la foulée, du temps passé en double-support et du niveau du handicap selon l'EDSS (Swinnen, 2012). Il n'est toutefois pas clair si l'une des deux méthodes présente un avantage comparativement à l'autre et à l'entraînement traditionnel (Swinnen, 2012).

Certaines autres études (Wier et al., 2011; Straudi et al., 2013) qui n'étaient pas incluses dans la méta-analyse ont également fait ressortir des bienfaits potentiels de ce type d'entraînement. L'une de ces études n'a pas été incluse dans la méta-analyse puisqu'elle mesurait la qualité de vie et non les paramètres spatiotemporels de la marche alors que l'autre n'a pas été incluse puisqu'elle a été réalisée après la méta-analyse. Il a été montré que ces deux méthodes (entraînement de la marche avec soutien du poids corporel avec et sans assistance robotisée) sont efficaces pour améliorer la qualité de vie selon quelques questionnaires (*MSQLI*, *FSS*, *LS*). Le questionnaire *Multiple Sclerosis Quality of Life Inventory* est un questionnaire spécifique à la sclérose en plaques composé de plusieurs questions visant à évaluer la qualité de vie du patient en lien avec la santé. Il évalue plusieurs paramètres reliés à la qualité de vie et aux symptômes de la sclérose en plaques dont la perception du fonctionnement physique du patient, la santé générale, la fatigue, la douleur, la fonction sexuelle, le contrôle de la vessie, le contrôle de l'intestin, le handicap visuel perçu, le fonctionnement cognitif perçu, le fonctionnement social perçu et le statut émotionnel. Toutes ces mesures sont évaluées du point de vue du patient et non du clinicien (Fisher et al., 1999). Le questionnaire *Fatigue Severity Scale* est un questionnaire auto-administré qui évalue la fatigue et son impact sur le fonctionnement quotidien. Ce questionnaire a été validé chez la population atteinte de sclérose en plaques (Valko, 2008). Le questionnaire *Life Satisfaction* venait compléter les autres questionnaires. Il contenait une seule question : « Comment décririez-vous votre satisfaction envers la vie en général? » Les participants devaient choisir un score entre 1 (extrêmement satisfait) et 6 (extrêmement insatisfait). Comme dans les études précédentes, aucune différence significative n'a été observée entre les deux méthodes (Wier et al., 2011).

Une autre étude a montré que l'entraînement de la marche avec assistance robotisée a donné de meilleurs résultats qu'un programme de réhabilitation conventionnel non-spécifique à la marche au niveau de l'amélioration de l'endurance, de la longueur de foulée, du temps passé en double support, de la vitesse de marche et de la cadence (Straudi et al., 2013). Une des raisons possibles expliquant pourquoi cette étude a trouvé une valeur ajoutée à l'entraînement de la marche avec assistance robotisée est que le programme d'entraînement

auquel il était comparé consistait en des exercices d'étirement et de renforcement, les exercices pour la marche, l'équilibre et la coordination n'étant qu'optionnels alors que les autres études comparaient l'entraînement de la marche avec assistance robotisée à un autre entraînement spécifique à la marche, soit l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec ou sans support du poids corporel. De plus, la vitesse de marche était analysée directement en laboratoire sur la passerelle instrumentée plutôt qu'à l'aide de tests cliniques visant à mesurer la vitesse de marche tels que le *10-m walk test* ou le *Timed 25-foot walk*, ce qui a pu modifier les résultats obtenus. Les chercheurs ont également observé une légère augmentation de l'extension de la hanche tard dans la phase d'appui et une moins grande flexion lors du contact du talon et de la phase d'oscillation en plus de noter une amélioration au niveau de l'antéversion du bassin comparativement au groupe contrôle qui pratiquait l'entraînement conventionnel composé d'étirements et de renforcement.

Finalement, un autre fait intéressant est que, bien que peu d'études ont été réalisées à ce sujet, l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel semble efficace chez les patients ayant un handicap sévère (EDSS de 6,9 et plus). En effet, une étude réalisée par Giesser, et al. (2007), a montré qu'un protocole d'entraînement de 39 à 42 séances d'une heure d'entraînement de la marche avec soutien du poids corporel offrait des résultats prometteurs concernant l'amélioration de la vitesse de marche et de l'endurance, de la force musculaire ainsi que de l'évaluation subjective de la qualité de vie en plus de réduire la spasticité malgré le fait que les participants ne prenaient pas de médicaments anti-spasmes pendant l'étude. L'équilibre s'est également amélioré chez deux des quatre participants à l'étude. Aucune amélioration n'a été toutefois observée en lien avec le niveau du handicap selon l'EDSS, sauf pour un participant. Les auteurs croient qu'une durée plus longue d'entraînement aurait pu améliorer l'EDSS puisque la capacité fonctionnelle des participants s'est améliorée, mais pas assez pour avoir un impact sur ce dernier. Les sujets avaient également besoin d'avoir un plus faible pourcentage de poids soutenu afin de maintenir la position souhaitée. Des résultats subjectifs qui n'ont pas été mesurés au cours de l'étude ont également été rapportés par les participants. Ceux-ci ont notamment observé une hausse

d'énergie, des améliorations au niveau de la réalisation de certaines activités, une plus grande endurance pour rester en position debout et plus de facilité pour faire leurs transferts.

Une autre étude réalisée par Pilutti et al. (2011) visait également à étudier l'effet de l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel sur des sujets ayant un handicap élevé (EDSS moyen de 6,9), plus particulièrement les sujets avec une forme progressive de sclérose en plaques. Tout comme dans l'étude précédente, après l'entraînement, les participants ont augmenté leur vitesse de marche et réduit le pourcentage de poids corporel soutenu nécessaire à la marche, ce dernier ayant passé d'une moyenne de 77 % à une moyenne de 51 %. De plus, certaines mesures de la qualité de vie ont augmenté significativement, mais la fatigue n'a pas diminué. Ces mesures provenaient du questionnaire *MSQoL-54* visant à mesurer la qualité de vie chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Parmi celles-ci, des améliorations ont été observées au niveau de la santé physique et mentale, du bien-être émotionnel, de l'énergie et de la détresse liée à la santé. Un des sous-tests visant à mesurer la vitesse de marche, le *Timed 25-Foot Walk*, s'est également amélioré. Finalement, comme dans l'étude précédente, aucun changement significatif n'a été observé au niveau de l'EDSS. Les auteurs de l'étude de Pilutti et al. (2011) croient que de plus longs protocoles d'entraînement sont nécessaires avec un plus grand handicap.

Ceci laisse donc croire que les protocoles d'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel peuvent également être efficaces chez des personnes ayant un handicap plus élevé et une forme progressive de sclérose en plaques. Les mécanismes physiologiques expliquant ces résultats ne sont pas encore bien définis et la plupart des auteurs s'entendent pour dire que plus de recherche devrait être faite à ce sujet. Certains auteurs croient que plus de pas peuvent être faits par séance à l'aide de l'appareil, favorisant une réhabilitation plus efficace par le biais d'un plus grand volume d'entraînement (Schwartz et al., 2009). Une autre hypothèse est que ce type d'entraînement améliore la force musculaire de manière spécifique à la marche. Il serait donc possible que l'augmentation de la force musculaire vienne aider à l'augmentation de la vitesse de marche puisque des corrélations ont été observées entre ces deux paramètres (Giesser, et al., 2007).

3.3.5 Limites des études en lien avec les appareils de réapprentissage de la marche

En ce qui concerne les limitations des études, en plus des variations présentes au sein des protocoles d'entraînement, une variation a également été observée au sein des études dans les tests utilisés pour évaluer les différents paramètres de la marche, ce qui peut en partie expliquer les différences au niveau des résultats qui y sont présentés. En effet, différents tests ont été utilisés pour évaluer la vitesse et l'endurance de marche, ce qui a pu avoir un impact sur les résultats. De plus, bien que quelques études ont inclus d'autres types d'exercices dans leurs protocoles, aucune étude n'a été effectuée pour comparer ces méthodes d'entraînement avec un entraînement combiné, spécifique à la réhabilitation de la marche comprenant l'entraînement aérobie, le renforcement musculaire, les exercices d'équilibre, de flexibilité et de coordination chez les personnes atteintes de sclérose en plaques. Le fait de combiner un entraînement visant l'amélioration de plusieurs composantes fonctionnelles et l'utilisation de l'entraînement de la marche avec poids du corps supporté et assistance robotisée semble toutefois donner des résultats prometteurs avec la population atteinte d'AVC (Schwartz et al., 2009). En effet, un programme combiné d'entraînement et d'utilisation de l'appareil avec assistance robotisée a résulté en une amélioration de l'habileté à marcher de manière indépendante chez une population post-avc (Schwartz et al., 2009).

Une autre limitation présente dans les études est que le pourcentage de poids corporel soutenu ainsi que la vitesse de marche varient beaucoup selon les patients dépendamment de leurs capacités. Ceci peut toutefois causer un biais lors de certaines comparaisons entre les études puisque certains paramètres tels que la cadence, la longueur de la foulée, la durée des phases de la marche (oscillation et double support), la trajectoire de la cheville et du genou lors de la marche ainsi que l'activité de l'EMG peuvent changer lorsque plus de 50 % à 75 % du poids corporel est soutenu et que la vitesse de marche est plus basse que 2,5 km/h. Les auteurs suggèrent que les protocoles d'évaluation ne soient pas réalisés dans ces conditions si possible pour faciliter les comparaisons entre les futures études. Ils sont toutefois conscients que ceci n'est atteignable pour tous les patients dépendamment de la sévérité leur atteinte (Van Hedel et al., 2006).

Certains auteurs ont également noté un manque d'homogénéité au niveau des populations étudiées par rapport au niveau du handicap et au type de sclérose en plaques (Swinnen, 2012). De plus, peu d'études ont été réalisées à l'aide d'appareils de soutien du poids corporel chez des populations ayant un niveau de handicap élevé selon l'EDSS. Pourtant, selon certains auteurs, un des avantages principaux de l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans assistance robotisée comparativement à l'entraînement traditionnel ou sur tapis roulant est qu'il peut plus facilement être utilisé par des personnes ayant un handicap sévère (Straudi et al., 2013). Deux études sur l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel ont utilisé cette méthode avec des patients ayant un EDSS de 6,9 et plus exclusivement (Giesser, et al., 2007; Pilutti et al., 2011). Dans ces études, l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel n'a toutefois pas été comparé à aucune autre méthode d'entraînement. De plus, ces études avaient un petit échantillon, comprenant entre quatre et six personnes. Bien que ces études aient montré les bienfaits potentiels de l'entraînement de la marche avec une partie du poids du corps supportée, elles n'ont pas pu prouver que ce type d'entraînement avait une valeur ajoutée comparativement à une autre méthode d'entraînement traditionnelle chez la population atteinte de sclérose en plaques ayant un handicap considéré comme sévère selon l'EDSS. Finalement, un des principaux manques présents dans la littérature est qu'aucune étude n'a été menée avec les appareils d'entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel (Alias et al., 2017).

En conclusion, l'entraînement semble efficace pour la réhabilitation de la marche chez les personnes atteintes de sclérose en plaques, peu importe la sévérité de leur handicap (Motl et Pilutti, 2012). Cependant, en raison de la variété des symptômes, il est difficile de faire des recommandations précises aux personnes atteintes au niveau de l'entraînement (Chisari et al., 2014). Les appareils de réentraînement à la marche avec soutien du poids corporel semblent être une option intéressante pour permettre aux personnes atteintes plus sévèrement qui ne peuvent pas supporter leur poids corporel de réapprendre la marche (Giesser, et al., 2007). À cet effet, des appareils permettant la réhabilitation de la marche sur tapis roulant ainsi qu'au sol ont été inventés. Toutefois, en ce qui concerne les appareils de réapprentissage de la

marche au sol, aucune étude n'a été recensée à ce jour, ce qui constitue un manque dans la littérature (Alias et al., 2017).

4 MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présentera la méthodologie de la recherche. Tout d'abord, le type de recherche sera présenté. Par la suite, il sera question des participants et du contexte de la recherche. Cette section sera suivie de la présentation du programme d'entraînement pour le groupe expérimental et pour le groupe contrôle, de la présentation du fonctionnement de l'appareil Zénith ainsi que des objectifs de l'étude. Puis, les variables à l'étude ainsi que les tests qui seront utilisés pour mesurer ces variables et l'instrumentation seront présentés. Finalement, la description du déroulement du projet sera présentée, suivie des sections sur la collecte de données, l'analyse statistique et l'éthique.

4.1 Type de recherche

Pour répondre à notre objectif, nous avons utilisé un devis expérimental avec randomisation stratifiée. Nous avons choisi cette méthode puisque nous comparons deux groupes ayant un traitement différent entre eux. Nous souhaitons donc que ces deux groupes soient similaires au niveau de la sévérité du handicap.

4.2 Recrutement et démarche de sélection des participants/échantillonnage

Les participants ont été recrutés par le biais de l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrée. Toutes les personnes atteintes de sclérose en plaques correspondant aux critères d'inclusion étaient invitées à prendre part à la recherche suite à une conférence donnée dans les locaux de l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrée. Au total, sept personnes ayant un EDSS entre 6 et 6,5 ont accepté de participer à cette étude. Par la suite, un groupe expérimental et un groupe contrôle ont été formés par randomisation stratifiée. Les groupes étaient d'abord séparés en fonction de la sévérité des troubles de la marche selon l'EDSS dans l'optique de mieux pouvoir les comparer et pour limiter le risque de biais le plus possible. Puis, une fois séparés en groupe selon leur EDSS, les participants étaient tirés au hasard et placés dans un des deux groupes. Le groupe expérimental s'entraînait avec l'appareil Zénith au sol et le groupe contrôle effectuait un programme d'entraînement traditionnel bâti par l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrée. Ce programme sera décrit plus bas dans la section « programme » et sera détaillé en annexe.

4.3 Caractéristiques des participants

Parmi les participants, trois personnes ont été assignées au groupe contrôle et quatre personnes ont été assignées au groupe expérimental. Aucun abandon n'a été reporté au cours de l'expérimentation. Le tableau 3 présente les principales caractéristiques des participants de chaque groupe.

Tableau 3 : Caractéristiques des participants

Caractéristique	Groupe Contrôle	Groupe Expérimental
Temps depuis le diagnostic (médiane)	10 ans (Étendue : 4-24 ans)	3 ans (Étendue : 1-9 ans)
Âge (médiane)	59 ans (Étendue : 43-60 ans)	65,5 ans (Étendue : 54-71 ans)
EDSS (médiane)	6 (Étendue : 6-6,5)	6,25 (Étendue : 6-6,5)
Type de sclérose en plaques	SP (n=2) RR (n=1)	PP (n=4)
Sexe	H (n = 1) F (n = 2)	H (n = 1) F (n = 3)
IMC (médiane)	32,1 (Étendue : 20,5-34,4)	30,2 (Étendue : 19,8-33,3)

SP: Secondaire progressive

RR : Récurrente rémittente

PP : Primaire progressive

4.4 Critères d'inclusion

- Adultes de 18 ans et plus atteints de sclérose en plaques présentant des troubles de la marche et/ou d'équilibre.
- EDSS se situant entre 6 et 7.
- Toute forme de sclérose en plaques était acceptée et aucun critère d'âge n'était exigé.
- Avoir l'habileté de marcher une distance de cinq mètres avec ou sans assistance.
- Les participants devaient avoir l'approbation de leur médecin et il devait y avoir absence de poussée dans les deux derniers mois. Si une poussée survenait pendant l'expérimentation, le participant pouvait poursuivre l'entraînement avec l'accord du médecin.

4.5 Critères d'exclusion

- Problème de santé qui peut rendre la pratique d'exercice dangereuse : blessure pouvant être aggravée par l'activité physique, hypertension non contrôlée, diabète non-contrôlé, maladies cardiovasculaires et maladies pulmonaires obstructives chroniques.
- Autre condition que la sclérose en plaques pouvant affecter la marche (trouble musculosquelettique, blessure).
- Par mesure de sécurité, les personnes présentant des troubles cognitifs pouvant les empêcher de bien comprendre les instructions ne pouvaient participer à la recherche.
- Les personnes dont le poids corporel était de 210 lb et plus étaient exclues puisque cela dépassait la capacité de l'appareil Zénith et pouvait compromettre leur sécurité. Les femmes enceintes et les personnes souffrant de dépression majeure étaient aussi exclues de l'étude.
- Les participants à l'étude pouvaient prendre part à une autre activité physique, mais devaient noter toute activité physique exécutée hors du programme dans un journal de bord.
- Les personnes ayant complété moins de 50 % des séances étaient exclues de l'analyse.
- Les personnes qui n'avaient pas complété les tests pré-post étaient exclues de l'analyse.

4.6 Contexte

La recherche avait lieu sur le campus de l'Université de Sherbrooke. Les participants au programme faisant partie du groupe expérimental ainsi que les participants faisant partie du groupe contrôle s'entraînaient au centre sportif de l'Université de Sherbrooke. Finalement, les tests pré-post et au milieu du programme d'entraînement avaient lieu au centre sportif de l'Université de Sherbrooke ainsi qu'à la salle de musculation. Lors de chaque entraînement ainsi que des tests, ils étaient accueillis par le kinésiologue à l'entrée et, au besoin, ce dernier

les escortait au vestiaire avec un fauteuil roulant dans l'optique de leur garder de l'énergie pour le programme d'entraînement.

4.7 Programme

Le programme du groupe contrôle s'étendait sur une durée de huit semaines. Les participants s'entraînaient trois fois par semaine au cours de cette période avec au moins une journée de repos entre chaque entraînement, pour un total de 20 séances. Les journées d'entraînement étaient les lundis, mercredis et vendredis. Les entraînements étaient dirigés par le kinésiologue à la maîtrise responsable de l'étude ainsi que par un stagiaire en kinésiologie travaillant pour l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrée. Chacun des kinésiologues donnait la moitié des séances au groupe contrôle afin de minimiser l'impact sur la motivation des participants. Chaque séance était divisée en deux parties. Les participants débutaient l'entraînement par une demi-heure d'entraînement de la marche et d'exercices d'équilibre statique et dynamique. Ils effectuaient deux séries de deux minutes de chacun des exercices suivants pour un total de trois à quatre exercices par séance : genoux hauts, talons-fesses, tenir sur une jambe (yeux ouverts ou fermés), les pieds collés ou sans appui, marche à reculons, changements de direction, marche rapide et marche longue distance. Seuls l'équilibre statique et la marche rapide ne duraient pas 2 minutes. En effet, lors de l'exercice d'équilibre statique, les participants devaient maintenir leur équilibre le plus longtemps possible. Si la durée de l'exercice était de moins de trois secondes, ils avaient une seconde chance. De plus, concernant la marche rapide, les participants devaient parcourir une distance de 20 mètres le plus rapidement possible. En ce qui concerne les autres exercices, les participants devaient parcourir le plus de distance possible en deux minutes. Les exercices étaient alternés aux deux séances. Une des séances comprenait les exercices : changements de direction, marche rapide, marche à reculons et genoux hauts alors que l'autre séance comprenait les exercices : marche longue distance, talons-fesses et équilibre statique. Les participants avaient droit à deux minutes de pause entre chaque exercice. Lors de chacun de ces exercices, les participants avaient droit à l'aide à la marche nécessaire. Cette partie de la séance était suivie d'exercices de renforcement musculaire pour le bas du corps et le tronc, effectués avec le poids du corps et avec des poids libres, adaptés à la capacité des participants. Ces exercices comprenaient

dans l'ordre le squat, un exercice visant à travailler le tronc (rotation du tronc, extension du dos et flexion du tronc), la flexion plantaire en position debout avec le poids du corps et la dorsiflexion de la cheville avec élastique. Lors des exercices pour les jambes effectués avec le poids du corps, soit les squats et la flexion plantaire en position debout, il était demandé aux participants de faire deux séries du plus grand nombre de répétitions possible. Les participants devaient également respecter un tempo de 2-0-1 pour les exercices afin de travailler en puissance. En ce qui a trait aux squats, les participants qui étaient en mesure de le faire pouvaient également faire l'exercice avec des poids libres et augmenter la charge de 5 lb lorsqu'ils étaient en mesure d'en faire plus de 20. En ce qui concerne les autres exercices, les participants devaient exécuter deux séries de 8 à 15 répétitions selon leur capacité. Le kinésiologue leur demandait de viser 15 répétitions si possible. Les exercices visant le tronc ainsi que la flexion plantaire et la dorsiflexion de la cheville étaient alternés chaque séance. Un exemple de programme complet sera intégré en annexe.

Le programme du groupe expérimental s'étendait sur la même durée que le programme du groupe contrôle. Les entraînements étaient également dirigés par le kinésiologue à la maîtrise responsable de l'étude ainsi que par un stagiaire en kinésiologie travaillant pour l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrie. Chacun des kinésiologues donnait la moitié des séances au groupe expérimental afin de minimiser l'impact sur la motivation des participants. Chaque séance était divisée en deux parties. Tout comme pour le groupe contrôle, la séance débutait par une demi-heure d'entraînement de la marche et d'exercices d'équilibre statique et dynamique. Ces exercices étaient les mêmes que pour le groupe contrôle et étaient effectués dans le même ordre. Toutefois, une partie du poids du corps des participants était supportée à l'aide de l'appareil Zénith lors de l'exécution des exercices. Le pourcentage de poids soutenu était déterminé lors des tests initiaux et était ajusté, en fonction de la progression des participants. Ils avaient droit à deux minutes de pause entre chaque exercice. Cette partie de la séance était suivie d'exercices de renforcement musculaire fonctionnels pour le bas du corps et le tronc. Ces exercices étaient les mêmes que pour le groupe contrôle et étaient également effectués sans soutien du poids corporel puisque l'appareil ne permettait pas ce type de mouvements. L'ordre des exercices ainsi que le tempo et le nombre de répétitions

étaient également similaires au groupe contrôle. Un exemple de programme complet sera intégré en annexe.

4.8 Fonctionnement de l'appareil Zénith

Le principe de base de l'appareil Zénith est de permettre au patient d'avoir un soutien du poids corporel optimal, selon la force de ses jambes qui lui permettra de se déplacer le plus efficacement possible tout en renforçant sa musculature. Cet appareil peut soutenir entre 0 et 100 % du poids corporel d'un patient de moins de 210 lb. On peut donc supposer qu'il permet l'entraînement chez des patients dont l'atteinte est plus sévère et qui n'ont aucune autre alternative.

Plusieurs types d'exercices sont possibles avec l'appareil. Il est possible de marcher en ligne droite, dans des côtes, sur des surfaces inégales, de marcher à reculons, de changer de direction et de faire plusieurs exercices d'équilibre.

4.9 Objectifs poursuivis

Le premier objectif de la recherche est, dans un premier temps, d'évaluer les effets d'un entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel à l'aide de l'appareil Zénith sur la capacité de marche (vitesse et endurance), l'équilibre statique et dynamique ainsi que sur la force musculaire chez une population atteinte de sclérose en plaques ayant un EDSS se situant entre 6 et 7. Le deuxième objectif est de comparer ces effets à ceux obtenus suite à un entraînement traditionnel afin de déterminer si l'entraînement avec Zénith permet des gains supérieurs.

Les objectifs secondaires seront de vérifier si l'entraînement conventionnel et l'entraînement avec l'appareil Zénith ont un impact sur la motivation, le niveau de confiance face à l'activité physique, la fatigue et la qualité de vie et de comparer les deux méthodes d'entraînement afin de déterminer si l'entraînement avec Zénith a un plus grand impact sur ces paramètres.

4.10 Variables

Cette section portera sur les variables mesurées au cours de l'intervention ainsi que sur les tests utilisés pour mesurer ces variables. La première partie de cette section présentera les variables qui seront mesurées au cours du projet de recherche. La deuxième partie présentera les tests et autres outils de mesure utilisés pour évaluer ces variables.

4.10.1 Variables mesurées

Au départ, afin de classer les participants à l'étude selon la sévérité de leur handicap, l'EDSS a été mesuré par René McKay, physiologiste spécialisé en sclérose en plaques, sous la supervision du neurologue Albert Lamontagne dans les locaux de l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrée. En second lieu, dans l'optique de mesurer l'efficacité de l'entraînement avec l'appareil Zénith, plusieurs variables ont été mesurées avant l'intervention, au milieu de l'intervention (4^e semaine) et après l'intervention. Ces variables incluaient la capacité de marche, l'équilibre statique et dynamique ainsi que la force musculaire du membre inférieur des participants. Les variables mesurant la capacité de marche comprenaient plus spécifiquement la vitesse de marche ainsi que l'endurance de marche. Ces variables étaient mesurées au sol par le *10-m walk test* pour la vitesse et par le *2-minute walk test* pour l'endurance. Le test *Timed up and Go* mesurait à la fois la capacité de marche ainsi que l'équilibre statique et dynamique alors que la force musculaire du membre inférieur était mesurée par le test des répétitions maximales (RM) multiples. La fatigue subjective, la qualité de vie, le niveau de confiance face à l'activité physique et le niveau de motivation face à l'activité physique étaient également mesurés comme variables secondaires. De plus, d'autres variables étaient prises en note de séance en séance. En ce qui concerne le groupe expérimental, ces variables comprenaient le temps nécessaire pour parcourir 20 mètres à la marche, la distance parcourue en quatre minutes pour chaque exercice de marche, le pourcentage de poids soutenu pour chaque exercice effectué avec l'appareil Zénith, le temps maintenu en équilibre statique, les exercices exécutés, la charge utilisée, le nombre de répétitions et de séries exécutées pour les exercices de musculation ainsi que les présences. En ce qui concerne le groupe contrôle, ces variables étaient les mêmes à l'exception du pourcentage du poids soutenu. De plus, toute aide à la marche utilisée lors des exercices de

marche était prise en note. Finalement, à la fin de l'intervention, les commentaires généraux des participants à l'expérimentation en lien avec le programme d'entraînement étaient pris en note afin de récolter des données plus qualitatives. À cet effet, des questions portant sur ces commentaires et sur l'impact que l'entraînement a eu dans leur vie de tous les jours étaient posées à chaque participant à la fin de l'expérimentation.

En ce qui concerne l'ordre d'exécution des tests, l'EDSS était le premier test à être réalisé avant tout autre test afin de classer les participants. Lors de la même journée, le poids, l'âge, la taille et l'IMC des participants étaient également pris en note. Lors de la première journée de tests avant l'intervention, la pression artérielle des participants était prise en note. Par la suite, les tests subjectifs *Fatigue Severity Scale* et *MSQOL-54* étaient exécutés en premier pour éviter que la fatigue liée à l'exercice ne modifie les réponses aux questionnaires. Une fois les questionnaires complétés, les questions portant sur la motivation ainsi que sur la confiance face à l'activité physique étaient posées aux participants avant que les tests physiques ne commencent. Ensuite, les tests *Timed up and Go*, *10-m walk test* et *2-minute walk test* étaient réalisés dans l'ordre puisqu'il s'agissait de tests plus spécifiques à la marche. Étant donné qu'il s'agissait des principales variables de comparaison entre l'entraînement avec et sans l'appareil Zénith, nous désirons que les participants aient l'énergie nécessaire pour exécuter les tests et que les résultats ne soient pas faussés par la fatigue. Finalement, les derniers tests de la journée étaient le test des RM multiples au *leg curl*, mesurant la force des ischio-jambiers ainsi que le test des RM multiples au *leg extension*, mesurant la force des quadriceps. Ce test était exécuté en dernier dans l'optique de respecter le principe de spécificité puisque, lors du programme, les participants exécutaient les exercices de force musculaire après les exercices de marche. Le fait d'exécuter ce test en dernier était donc plus représentatif de l'entraînement. L'ordre des tests était le même pour les périodes d'évaluation au milieu et à la fin de l'intervention. De plus, lors des semaines 2, 4, 6 et 8, les questions sur le niveau de confiance face à l'activité physique ainsi que sur la motivation étaient posées avant le premier entraînement de la semaine que le participant exécutait. Finalement, à la fin de l'intervention, les questions portant sur l'impact de l'entraînement dans

la vie des participants ainsi que sur les commentaires généraux en lien avec le programme étaient posées aux participants.

4.10.2 Tests/outils de mesure

Expanded disability status scale (EDSS) :

Utilisé chez les personnes atteintes de sclérose en plaques, l'EDSS est une échelle de 1 à 10 basée sur les résultats des examens neurologiques du patient ainsi que sur sa capacité de marche, visant à mesurer le niveau du handicap (Kurtzke et al., 1983). Cette échelle est utilisée dans de nombreuses études en lien avec la sclérose en plaques. Au total, huit systèmes fonctionnels sont évalués de manière indépendante des autres. Ensemble, ils reflètent tous les handicaps neurologiques présents dans la sclérose en plaques. Ces systèmes comprennent les fonctions pyramidales, les fonctions du cervelet, les fonctions du tronc cérébral, les fonctions de la vessie et de l'intestin, les fonctions sensorielles, les fonctions visuelles, les fonctions mentales et les autres fonctions. Certains nombres clés ont été identifiés sur l'échelle de l'EDSS pour la quantification du handicap. Un score de 0 indique qu'il n'y a aucune atteinte neurologique. Un score de 4 sur l'échelle indique un handicap léger. À ce stade, une personne devrait être capable de se déplacer sur une distance d'au moins 500 mètres sans aide ou repos. Elle devrait également être en mesure d'effectuer ses activités de tous les jours et son travail, s'il est dans la moyenne en termes de difficulté d'activité physique. Un score de 4,5 indique que le patient devrait être en mesure de marcher au moins 300 mètres sans aide ou repos. Un score de 5-6 indique que le patient est en mesure de sortir de la maison et de marcher. Il est toutefois plus difficile de travailler une journée complète. Un score de 6 indique que le patient ne peut se déplacer sans avoir recours à une aide à la marche. Des limitations sont également observées dans la réalisation des activités de tous les jours. Un score de 7 indique que le patient doit se déplacer à l'aide d'un fauteuil roulant et a de la difficulté à se déplacer sur une distance de cinq mètres, même avec de l'aide. Le patient est en mesure de se transférer seul et de se déplacer en fauteuil roulant manuel par lui-même. Un score de 8 indique que le patient est confiné au lit ou à un fauteuil roulant alors qu'un score de 9 indique que le patient est confiné au lit et n'est pas en mesure d'effectuer des activités de soins personnels de base tels que se

nourrir. Finalement, un score de 10 indique la mort causée par la sclérose en plaques. Cette évaluation est généralement effectuée par un neurologue (Kurtzke et al., 1983). Dans le cadre de cette étude, elle était utilisée avant l'expérimentation pour catégoriser les participants selon la sévérité de leur handicap, ce qui a été utile pour former les groupes. C'est le physiologiste René McKay qui était chargé de faire cette évaluation, sous la supervision du Dr. Albert Lamontagne, neurologue. Cette évaluation avait lieu dans les locaux de l'Association de la Sclérose en Plaques de l'Estrie.

IMC :

Ce test est une mesure indirecte de la masse adipeuse. En premier lieu, la taille du participant est mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer mural. Celui-ci doit retirer ses chaussures et se tenir droit contre le mur, les pieds joints avec les talons et le dos collés au mur, les bras le long du corps, la tête droite en se tenant aussi droit que possible, les pieds bien à plat sur le sol. Une équerre est ensuite déposée sur la tête du participant et la mesure est prise lors d'une inspiration profonde. Par la suite, le poids en kilogrammes du participant est pris en note à l'aide d'une balance à fléau. Le participant ne doit garder que des vêtements légers et retirer ses chaussures. Finalement, l'IMC est calculé à l'aide du calcul suivant : $\text{poids (kg)} / \text{taille (m)}^2$ (SPAP-SCPE, 2013). Dans le cadre de cette étude, l'IMC était calculé dans les tests pré-intervention puisque l'IMC peut être un facteur limitant lors d'activités physiques telles que la marche (Stenholm et al., 2007). Ce facteur confondant a donc été contrôlé lors de l'analyse statistique.

Test de pression artérielle :

Dans le cadre de cette étude, la pression artérielle était prise selon le protocole de la Société canadienne de physiologie de l'exercice (SPAP-SCPE, 2013). La pression était prise au centre sportif de l'Université de Sherbrooke la même journée que les premiers tests physiques. L'objectif de ce test était de s'assurer que chaque participant soit en mesure de participer à l'étude sans compromettre sa sécurité.

Timed up and Go (TUG) :

Ce test sert à mesurer l'équilibre statique et dynamique ainsi que la mobilité. Le patient a le droit d'utiliser une assistance à la marche au besoin. Lors de la position de départ, le sujet est assis sur une chaise, le dos bien appuyé au dossier et les bras sur les appui-bras. Lorsque le signal est donné, il doit se lever, marcher trois mètres, tourner, revenir vers la chaise et se rasseoir le plus rapidement possible (Kalron et al., 2015). La distance est marquée à l'aide de ruban adhésif et un cône est positionné au point où le patient doit tourner pour revenir vers la chaise. Le test est généralement exécuté deux fois et le meilleur des deux résultats est utilisé. Une étude récente a toutefois établi qu'il était possible de faire le test une seule fois sans que le résultat soit influencé, ce qui vient sauver de l'énergie aux patients. Ce test peut être utilisé avant et après une intervention auprès de personnes atteintes de sclérose en plaques pour en évaluer l'efficacité. Une baisse de 10,6 secondes ou d'environ 23 % représenterait une amélioration significative à ce test (Nilsagard et al., 2007). Dans le cadre de cette étude, le test n'était réalisé qu'une fois dans le but de sauver du temps et de l'énergie aux patients. Il était exécuté au début et à la fin de l'intervention ainsi qu'au milieu de l'intervention.

The 10-m walk test :

Ce test sert à mesurer la vitesse de marche. Il s'effectue sans échauffement et il est fortement suggéré que le patient porte des souliers confortables. Il est généralement réalisé sur une allée de 30 mètres. Le patient doit parcourir cette allée le plus rapidement possible sans compromettre sa sécurité ou à vitesse préférée. La vitesse nécessaire pour parcourir 10 mètres est notée. La mesure se prend généralement au milieu de la piste pour annuler l'effet d'accélération au départ et de décélération à l'arrivée. Si le patient utilise une aide à la marche pour le test, cette aide doit être prise en note et être utilisée de test en test pour avoir une comparaison valide (Kalron et al., 2015). Le test peut être utilisé sous forme de comparaison avant-après une intervention auprès de personnes atteintes de sclérose en plaques pour en mesurer l'efficacité. Le patient effectue le test trois fois et la moyenne des trois temps donne le résultat total du test. Une étude récente a toutefois établi qu'il était possible de faire le test

une seule fois sans que le résultat soit influencé, ce qui vient sauver de l'énergie aux patients. Une amélioration d'environ 23 % serait significative pour ce test (Nilsagard et al., 2007). Dans le cadre de cette étude, le test était réalisé à vitesse préférée ainsi qu'à vitesse maximale. De plus, il n'était réalisé qu'une seule fois dans le but de sauver de l'énergie aux patients. Il était exécuté au début et à la fin de l'intervention ainsi qu'au milieu de celle-ci.

The 2-minute walk test (2MWT) :

Ce test permet d'évaluer la distance de marche chez plusieurs populations, dont la population atteinte de sclérose en plaques. Les personnes atteintes doivent parcourir le plus de distance possible sur une surface plate, généralement une piste de 30 mètres, dans une durée de deux minutes. Elles doivent faire des allers-retours sur la piste et ont droit de se reposer au besoin, mais le temps continue de s'écouler et elles doivent recommencer à marcher le plus tôt possible. La surface devrait être marquée à tous les trois mètres et du ruban adhésif devrait délimiter la surface de marche. La distance parcourue est ensuite comparée sous forme avant-après lorsque l'objectif du test est de tester l'efficacité d'une intervention. Lors de la marche, les personnes atteintes ont accès à leur aide habituelle (cane, marchette) si cela est nécessaire. Ce test représente une alternative au *6-minute walk test*. Cette alternative a été mise en place en raison de l'effort et du temps que le *6-minute walk test* demande aux personnes atteintes. Une étude a montré que ce test est représentatif du *6-minute walk test*, fournissant des résultats similaires avec une marge d'erreur de 5 % (Gijbels et al., 2011). Dans le cadre de cette étude, ce test était exécuté au début et à la fin de l'intervention ainsi qu'au milieu de celle-ci.

Test des RM multiples :

Ce test sert à estimer la force maximale, c'est-à-dire le plus grand poids qu'une personne peut soulever adéquatement à une seule reprise. Il est généralement utilisé pour la prescription d'entraînement musculaire ainsi que pour l'évaluation de la progression. Son caractère sous-maximal vient diminuer le risque de blessures. Au départ, la personne évaluée doit exécuter un échauffement aérobie d'environ cinq minutes. Par la suite, le professionnel de la santé doit choisir un poids que le client peut soulever au moins 10 fois de manière adéquate. L'exercice doit être corrigé au besoin au cours de cette période d'échauffement. Une

fois cette étape réalisée, le poids doit être ajusté de manière à ce que la personne évaluée puisse exécuter 6 à 10 répétitions maximales avec cette charge. Au moins une minute de pause doit être prise entre l'échauffement et la série principale. Si la personne exécute 10 répétitions sans difficulté, le poids doit être augmenté et elle doit recommencer au moins une minute plus tard. Le poids ainsi que le nombre de répétitions doivent être pris en note. Ce processus ne devrait pas nécessiter plus de trois séries, excluant la période d'échauffement. La formule ainsi que le tableau suivant sont utilisés pour prédire le 1 RM :

Formule :

$$1 \text{ RM} = \text{Poids (kg ou lb)} \div [\% \text{ de la valeur du 1RM prise du tableau ci-dessous} \div 100]$$

Tableau :

Reps	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% valeur du 1 RM	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75

(SPAP-SCPE, 2013)

Dans le cadre de cette étude, ce test était utilisé pour estimer la force maximale des participants avant et après l'intervention. Les exercices évalués par ce test étaient le *leg curl* et le *leg extension*. Ce test était réalisé avant et après l'intervention ainsi qu'au milieu de celle-ci.

En plus de l'évaluation de la fatigue subjective à l'aide d'un questionnaire (*FSS*), quatre questions étaient posées aux sujets par l'évaluateur afin d'en apprendre plus sur leur niveau de confiance face à l'activité physique, leur motivation, l'impact que l'entraînement a eu dans leur vie de tous les jours et sur leur impression générale face au déroulement de l'expérimentation. Deux questions étaient posées au début et à la fin de l'expérimentation ainsi qu'aux semaines 2, 4, 6 et 8 et deux autres questions étaient posées à la fin de l'expérimentation. Finalement, la qualité de vie des participants était évaluée à l'aide d'un questionnaire (*MSQOL-54*) qui leur a été administré avant et après l'intervention ainsi qu'au milieu de celle-ci.

Questions posées aux participants :

- 1) Sur une échelle de 1 à 10, quel est votre niveau de confiance face à l'activité physique, 1 signifiant n'avoir aucune confiance et 10 signifiant être totalement en confiance?
- 2) Sur une échelle de 1 à 10, où se situe votre niveau de motivation par rapport à l'activité physique, 1 signifiant n'avoir aucune motivation pour l'activité physique et 10 signifiant être extrêmement motivé par l'activité physique?
- 3) L'entraînement a-t-il eu un impact dans votre vie de tous les jours? Si oui, lequel?
- 4) Avez-vous des commentaires généraux à faire en lien avec le programme des huit dernières semaines?

Fatigue Severity Scale (FSS) :

La version française de l'échelle *Fatigue Severity Scale* a été utilisée afin d'évaluer la fatigue subjective chez les participants à l'expérience. Le *FSS* est un questionnaire auto-rapporté à neuf questions visant à évaluer la fatigue dans différentes situations au cours de la semaine. Ce questionnaire est utilisé chez les patients souffrant de sclérose en plaques, d'AVC ou de différents troubles du sommeil. Les participants doivent choisir un chiffre entre 1 (fortement en accord) et 7 (fortement en désaccord) pour chaque question. Le *FSS* est l'un des questionnaires les plus utilisés pour l'évaluation de la fatigue. Il est considéré comme étant simple et court, ce qui représente un avantage selon les auteurs (Valko et al., 2008). Pour évaluer l'efficacité de l'intervention sur la fatigue, ce questionnaire était rempli par les participants avant l'intervention, au milieu de l'intervention ainsi qu'à la fin de l'intervention.

The Multiple Sclerosis Quality Of Life MSQOL-54 :

Ce questionnaire a été conçu spécifiquement pour la population atteinte de sclérose en plaques et sert à évaluer la qualité de vie liée à la santé, incluant la santé physique, mentale et sociale perçue par le patient. Au total, il comprend 54 questions dont 36 portent sur l'impact des maladies neurologiques en général et 18 portent spécifiquement sur l'impact de la sclérose en plaques sur la qualité de vie (Vickrey et al., 1995). Le questionnaire a été traduit en français et la version française a été validée auprès de la population cible (Acquadro et al., 2003). En

raison de la longueur du test, ce dernier n'était utilisé qu'avant, au milieu et après l'intervention dans le cadre de cette étude.

4.11 Instrumentation

4.11.1 Entraînement

- Piste d'athlétisme intérieure/ gymnases du centre sportif
- Roulette métrique pour mesurer la distance
- Quatre cônes
- Montre avec chronomètre
- Ruban adhésif (pour délimiter la distance de 20 m)
- Appareil Zénith



- Élastiques de différentes résistances
- Deux chaises
- Poids libres de 5, 10, 15 et 20 lb
- Journal de bord (cahier canada) remis aux participants

4.11.2 Tests

- Sept Versions imprimées du questionnaire *MSQOL-54*
- Sept Versions imprimées du questionnaire *FSS*
- Cahier de notes pour prendre les résultats aux tests et les commentaires en note.
- *Leg curl* assis
- *Leg extension*
- Calculatrice
- Feuille imprimée contenant le tableau et la formule nécessaires pour estimer le 1 RM.
- Surface plate de 30 mètres
- Chronomètre

- Roulette métrique pour mesurer la distance
- Ruban adhésif
- 10 cônes pour le *2-minute walk test*, quatre cônes pour le *10-m walk test* et un cône pour le test *TUG*.
- Une chaise avec appui-bras
- Sphygmomanomètre

4.12 Collecte de données

Le kinésologue en charge du projet et un stagiaire en kinésiologie travaillant pour l'association de la sclérose en plaques de l'Estrie se partageaient la responsabilité de la collecte de toutes les données en lien avec le projet de recherche. Ces dernières étaient récoltées auprès de chaque participant à l'expérience. Certaines données étaient collectées avant, au milieu et après l'expérimentation alors que d'autres étaient collectées sur toute la durée de l'expérimentation ou seulement à la fin de celle-ci.

En ce qui concerne les données collectées avant, au milieu et après l'intervention, elles étaient entrées manuellement dans un fichier Excel par l'évaluateur lors des trois journées de tests. Une colonne servait à noter les résultats des tests pré-intervention, une colonne servait à noter les résultats des tests au milieu de l'intervention et une autre colonne servait à noter les résultats post-intervention, afin de faciliter la comparaison avant et après l'intervention. Ces données comprenaient le score obtenu aux questionnaires *Fatigue Severity Scale* et *MSQOL-54*, le résultat au test *Timed up and Go*, le résultat au *10-m walk test*, le résultat au *2-minute walk test* et le résultat au test des RM multiples. Le niveau de motivation face à l'activité physique sur une échelle de 1 à 10 ainsi que le niveau de confiance face à l'activité physique sur une échelle de 1 à 10 étaient également pris en note dans un fichier Excel au début, au milieu et à la fin de l'intervention en plus d'être pris en note aux semaines 2, 4, 6 et 8 lors de la première journée d'entraînement de la semaine des participants. De plus, une colonne était ajoutée aux tests *Timed up and Go*, *2-minute walk test* et *10-m walk test* afin de noter l'aide à la marche qui a été utilisée pour le test en question, le cas échéant. Cette aide à la marche devait être utilisée dans toutes les autres périodes de test pour éviter de fausser les résultats.

En ce qui concerne les données recueillies pendant la période de l'entraînement, la vitesse de marche sur 20 mètres lors de l'exercice de marche rapide, le temps maintenu en

équilibre statique, la distance de marche parcourue en 2 minutes lors de tous les autres exercices de marche, le pourcentage de poids corporel soutenu lors des exercices de marche, les charges utilisées pour les exercices de musculation, le nombre de séries et de répétitions pour tous les exercices de musculation ainsi que les variantes effectuées pour chaque exercice ont été pris en note par la personne en charge de la séance lors de chaque entraînement dans le groupe expérimental. Dans le groupe contrôle, les mêmes données étaient prises en note à l'exception du pourcentage de poids corporel soutenu. De plus, l'aide à la marche utilisée pour chaque exercice était indiquée. Ces informations ont été entrées dans un fichier Excel nommé « données d'entraînement ». De plus, le cas échéant, toute poussée ayant lieu pendant la période d'expérimentation était prise en note dans un fichier Excel créé à cet effet. La date pendant laquelle la poussée était diagnostiquée était aussi prise en note. Un fichier de présences a également été créé sur Excel. La première colonne de ce fichier indiquait les noms des participants et était suivie de colonnes indiquant chaque date d'entraînement. Au début de chaque entraînement, le kinésologue devait remplir le fichier de présence, marquant un x dans la case appropriée si le participant était présent et laissant la case vide s'il était absent. De plus, chaque semaine, les participants devaient remplir un journal de bord où ils devaient indiquer toute activité physique exécutée hors programme. Ils devaient noter la date, le type d'activité exécutée ainsi que la durée de l'activité.

Finalement, en ce qui concerne les données collectées à la fin de l'expérimentation seulement, elles incluaient les questions ouvertes subjectives en lien avec l'impact qu'a eu le programme d'entraînement dans la vie de tous les jours des participants ainsi que les commentaires généraux en lien avec le programme d'entraînement. Elles ont été collectées lors d'une rencontre sous forme de table ronde avec tous les participants. Ces données ont été entrées dans un fichier Excel nommé « données subjectives » où sont notés les commentaires des participants.

Au total, tous les fichiers créés ont été placés dans un dossier identifié « projet de recherche ». Ce dossier sera gardé par l'évaluateur dans une clé USB. Il sera conservé pour une durée de cinq ans.

4.13 Analyses statistiques

En ce qui concerne l'analyse statistique, les procédures non-paramétriques ont été choisies en raison du petit échantillon composé de sept participants. Toutes les analyses ont été exécutées à l'aide du logiciel SPSS. Au total, trois facteurs ont été analysés. En premier lieu, l'effet de groupe a été évalué à l'aide du test non-paramétrique U de Mann-Whitney afin de comparer les données du groupe contrôle à celles du groupe expérimental pour chacun des tests. Par la suite, l'effet temps était évalué par le test non-paramétrique de l'ANOVA de Friedman où les données en pré, en milieu et en post intervention étaient comparées pour chacun des tests. Ce test a été préféré au test de Wilcoxon puisque trois périodes de l'intervention étaient comparées entre-elles. Finalement, des tests inter-groupes ont été menés à chacune des phases de l'expérimentation afin de vérifier si les groupes ont évolué de façon similaire dans le temps. Pour se faire, le test non-paramétrique U de Mann-Whitney a été réalisé pour comparer les données des groupes en pré, en milieu et en post-intervention pour chacun des tests. Pour chacun des tests, un seuil de signification de $p < 0.05$ a été choisi. Finalement, étant donné qu'il s'agissait d'une étude pilote et que l'échantillon était petit, aucun test de puissance statistique n'a été exécuté.

4.14 Éthique

Cette étude a été approuvée par le Comité d'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie – CHUS. Après avoir été informés sur le projet, les participants devaient signer un formulaire de consentement avant de participer au projet de recherche. Tout le temps nécessaire leur a été alloué pour qu'ils puissent en prendre connaissance. L'anonymat leur a également été garanti. Aucun nom ne sera publié dans le mémoire de maîtrise. Les noms des participants ont donc été remplacés par des numéros lors de la publication des résultats de la recherche.

5 RÉSULTATS

Ce chapitre présentera les résultats de la recherche. Les résultats des 11 tests et questionnaires réalisés par les participants seront présentés. Pour chacun des tests réalisés, l'effet de groupe, l'effet de temps ainsi que les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation sont présentés. En ce qui concerne l'effet de groupe, les résultats seront présentés sous forme de médiane pour le groupe expérimental et pour le groupe contrôle, et ce, pour les trois périodes de tests combinées (pré, 4 semaines et post). En ce qui concerne l'effet de temps, les résultats seront présentés sous forme de médiane des deux groupes mis ensemble en pré-expérimentation, en milieu d'expérimentation et en fin d'expérimentation. Finalement, en ce qui concerne les tests inter-groupes, les résultats seront présentés sous forme de médiane du groupe contrôle ainsi que de médiane du groupe expérimental et ce, pour chacune des phases de l'expérimentation. Pour chacun des graphiques, les barres de dispersion représentent l'étendue, soit le minimum et le maximum.

5.1 Timed up and go

Aucune différence n'a été trouvée entre les groupes pour le test *Timed up and Go*, ($Z = 5$; $p = .857$).

Toutefois, on note un effet de temps ($\chi^2 = 10,640$; $df = 2$; $p < 0.05$). Plus spécifiquement, la différence se situe entre pré et post ($p = .006$), ce qui signifie que les participants des deux groupes se sont améliorés dans le temps. Le temps pour réaliser le test est passé de 23 (13-25) secondes en pré-expérimentation à 19 (9-22) secondes en post-expérimentation. Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 18 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 1). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 4$; $p = .629$), en milieu d'expérimentation ($Z = 6$; $p = 1,00$) et en post expérimentation ($Z = 6$; $p = 1,00$).

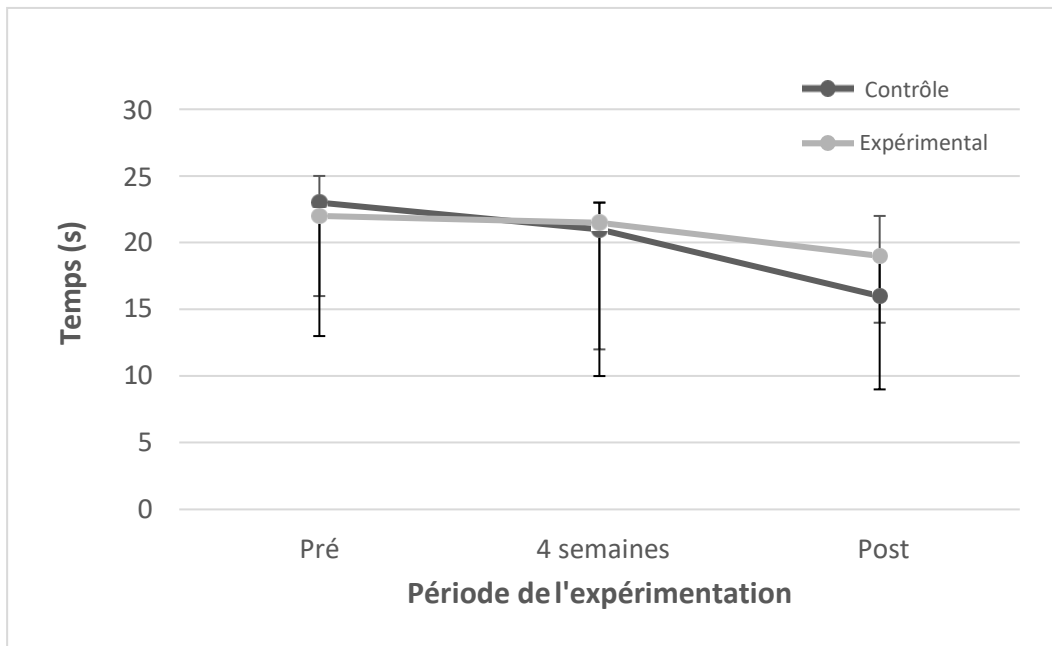


Figure 1 : Résultats au *Timed up and go*

5.2 10-m walk test à vitesse rapide

En ce qui concerne le *10-m walk test* à vitesse rapide, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 5$; $p = .857$).

Toutefois, on note un effet de temps ($\chi^2 = 10,889$; $df = 2$; $p < .05$). Plus spécifiquement, la différence se situe entre pré et post ($p = .004$), ce qui signifie que les participants des deux groupes se sont améliorés dans le temps. Le temps pour réaliser le test est passé de 15 (9-22) secondes en pré-expérimentation à 10 (7-15) secondes en post-expérimentation. Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 24,2 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 2). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 5,5$; $p = .857$), en milieu d'expérimentation ($Z = 6$; $p = 1,00$) et en post expérimentation ($Z = 5$; $p = .857$).

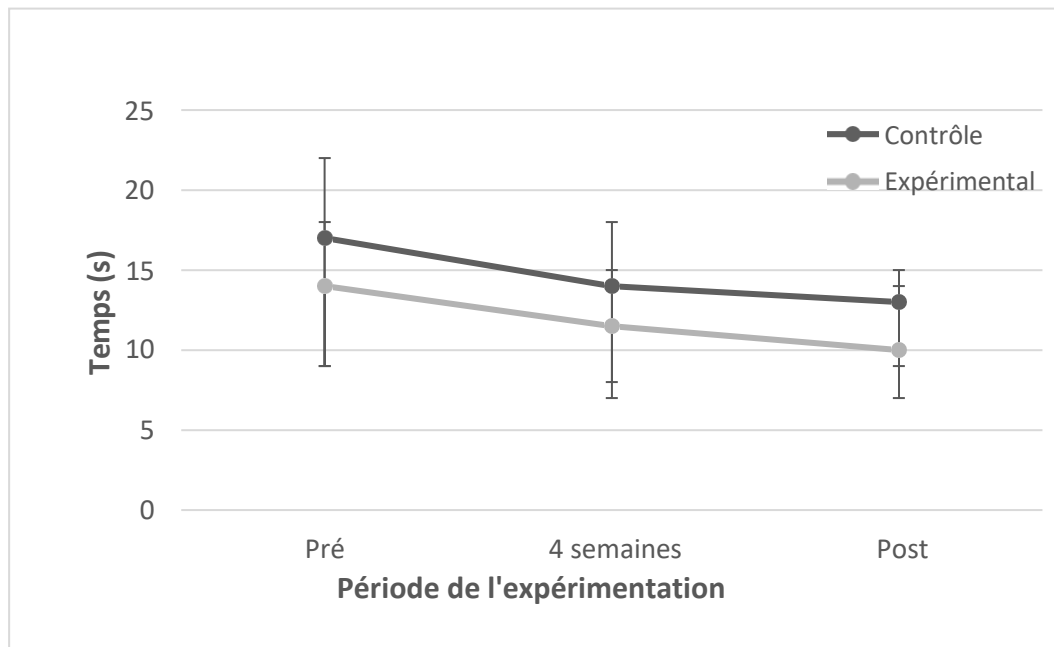


Figure 2 : Résultats au 10-m walk test à vitesse rapide

5.3 10-m walk test à vitesse préférée

En ce qui concerne le *10-m walk test* à vitesse préférée, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 5$; $p = .857$).

Toutefois, on note un effet de temps ($\chi^2 = 7,154$; $dl = 2$; $p < .05$). Plus spécifiquement, la différence se situe entre pré et post ($p = .048$), ce qui signifie que les participants des deux groupes se sont améliorés dans le temps. Le temps pour réaliser le test est passé de 19 (10-25) secondes en pré-expérimentation à 15 (9-22) secondes en post-expérimentation. Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 13,8 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 3). Les groupes sont similaires en pré-

expérimentation ($Z = 5,5$; $p = .857$), en milieu d'expérimentation ($Z = 6$; $p = 1,00$) et en post expérimentation ($Z = 5$; $p = .857$).

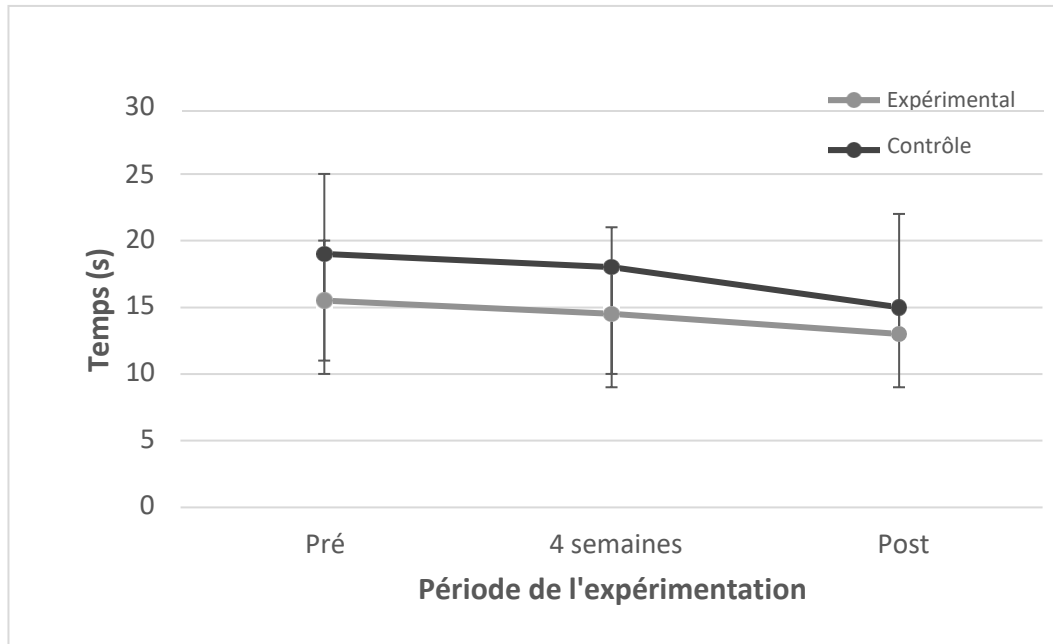


Figure 3 : Résultats au 10-m walk test à vitesse préférée

5.4 2-minute walk test

En ce qui concerne le 2-minute walk test, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 8$; $p = .629$).

Toutefois, on note un effet de temps ($\chi^2 = 6,741$; $df = 2$; $p < .05$). Plus spécifiquement, la différence se situe entre pré et post ($p = .033$), ce qui signifie que les participants des deux groupes se sont améliorés dans le temps. La distance parcourue lors du test est passée de 80 (50-115) mètres en pré-expérimentation à 81 (65-134) mètres en post-expérimentation. Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 10,3 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont

évolué de façon similaire dans le temps (figure 4). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 7$; $p = 1,00$), en milieu d'expérimentation ($Z = 7$; $p = 1,00$) et en post-expérimentation ($Z = 9$; $p = .400$).

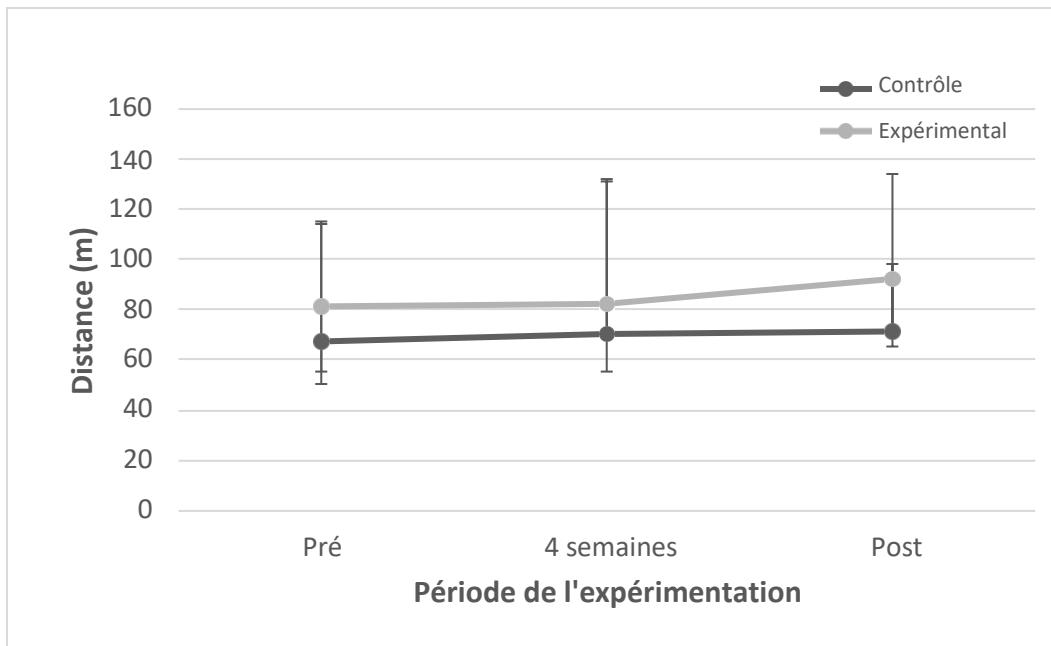


Figure 4 : Résultats au 2-minute walk test

5.5 Test des RM multiples au *Leg Curl*

En ce qui concerne le test des RM multiples au *leg curl*, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 6$; $p = 1,00$).

Toutefois, on note un effet de temps ($\chi^2 = 13,556$; $dl = 2$; $p < .05$). Plus spécifiquement, la différence se situe entre pré et post ($p = .001$), ce qui signifie que les participants des deux groupes se sont améliorés dans le temps. La force maximale estimée des ischio-jambiers est passée de 53,3 livres (17,6-70,6) en pré-expérimentation à 66,7 (26,7-93,3) livres en post-expérimentation. Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 30 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 5). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 6$; $p = 1,00$), en milieu d'expérimentation ($Z = 6$; $p = 1,00$) et en post-expérimentation ($Z = 6$; $p = 1,00$).

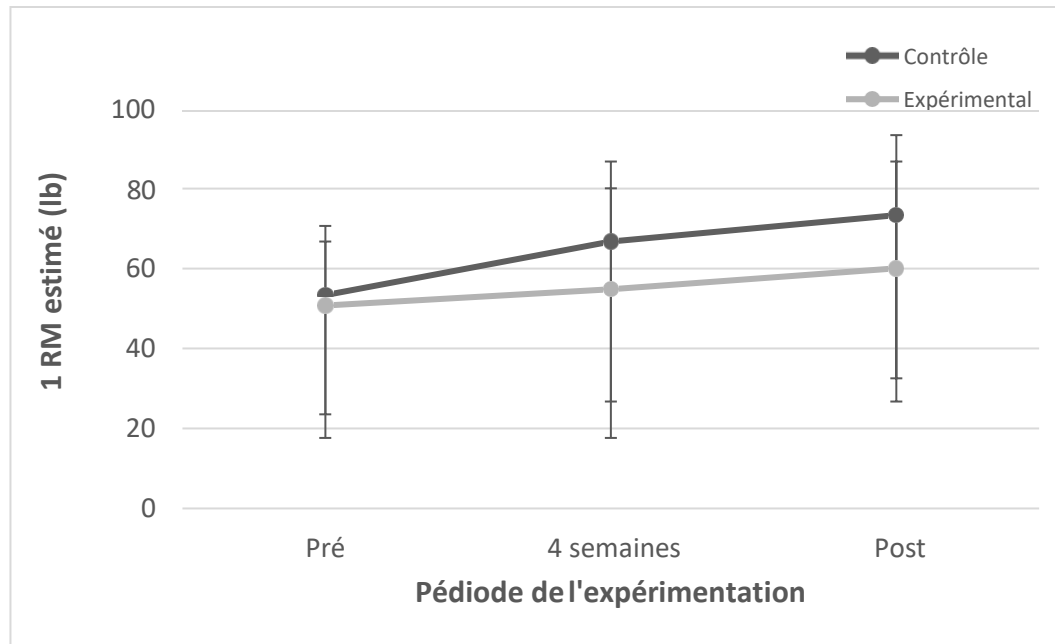


Figure 5 : Résultats au test des RM multiples au *leg curl*

5.6 Test des RM multiples au *Leg extension*

En ce qui concerne le test des RM multiples au *leg extension*, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 5$; $p = .857$).

Toutefois, on note un effet de temps ($\chi^2 = 13,556$; $dl = 2$; $p < .05$). Plus spécifiquement, la différence se situe entre pré et post ($p = .001$), ce qui signifie que les participants des deux groupes se sont améliorés dans le temps. La force maximale estimée des quadriceps est passée de 53,3 (26,7-153,3) livres en pré-expérimentation à 73,3 (46,7-173,3) livres en post-expérimentation. Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 37,8 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 6). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 3,5$; $p = .400$), en milieu d'expérimentation ($Z = 5$; $p = .857$) et en post-expérimentation ($Z = 4,5$; $p = .629$).

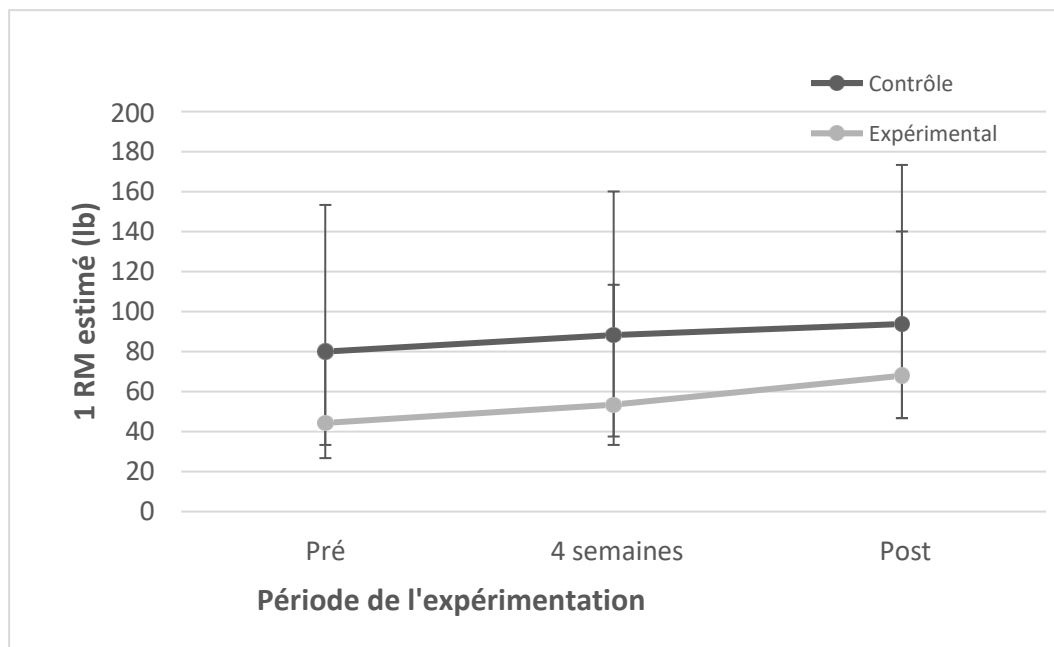


Figure 6 : Résultats au test des RM multiples au *leg extension*

5.7 Fatigue Severity Scale

En ce qui concerne le questionnaire *Fatigue Severity Scale*, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = .000$; $p = .057$).

De plus, aucun effet de temps n'a été observé pour ce paramètre ($\chi^2 = 2$; $dl = 2$; $p = .368$). Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 22,7 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 7). Les groupes sont similaires en pré-

expérimentation ($Z = .000$; $p = .057$), en milieu d'expérimentation ($Z = .000$; $p = .057$) et en post expérimentation ($Z = 3,5$; $p = .400$).

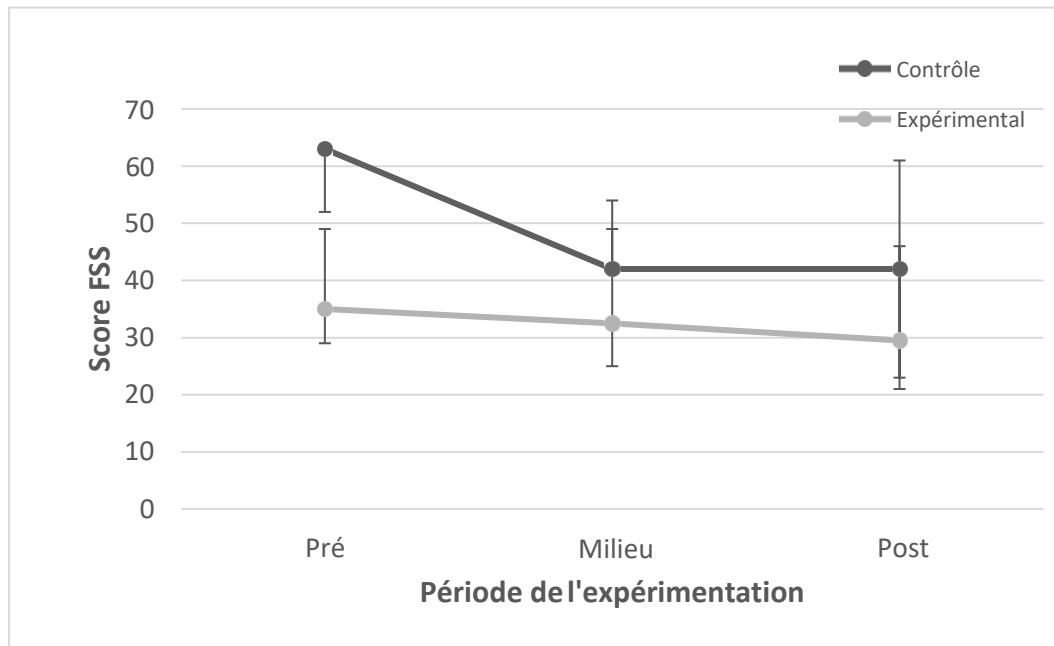


Figure 7 : Résultats au questionnaire *Fatigue Severity Scale*

5.8 MSQOL-54, partie physique

En ce qui concerne la partie du questionnaire *MSQOL-54*, portant sur la qualité de vie physique perçue, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 10$; $p = .229$).

De plus, aucun effet de temps n'a été observé pour ce paramètre ($\chi^2 = 2$; $df = 2$; $p = .368$). Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 21 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 8). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 10$; $p = .229$), en milieu d'expérimentation ($Z = 12$; $p = .057$) et en post expérimentation ($Z = 7$; $p = 1,00$).

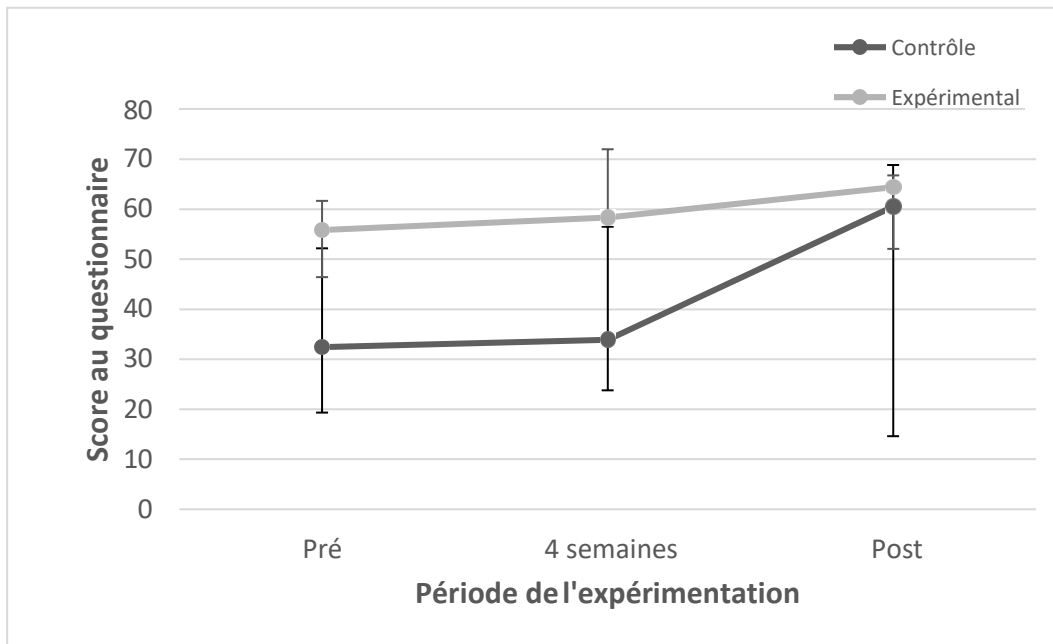


Figure 8 : Résultats au questionnaire *MSQOL-54*, partie physique

5.9 *MSQOL-54*, partie santé mentale

En ce qui concerne la partie du questionnaire *MSQOL-54* portant sur la santé mentale, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 8$; $p = .629$).

De plus, aucun effet de temps n'a été observé pour ce paramètre ($\chi^2 = 5,429$; $dl = 2$; $p = .066$). Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une amélioration de 22,3 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des trois phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 9). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 11$; $p = .114$), en milieu d'expérimentation ($Z = 11$; $p = .114$) et en post-expérimentation ($Z = 4$; $p = .629$).

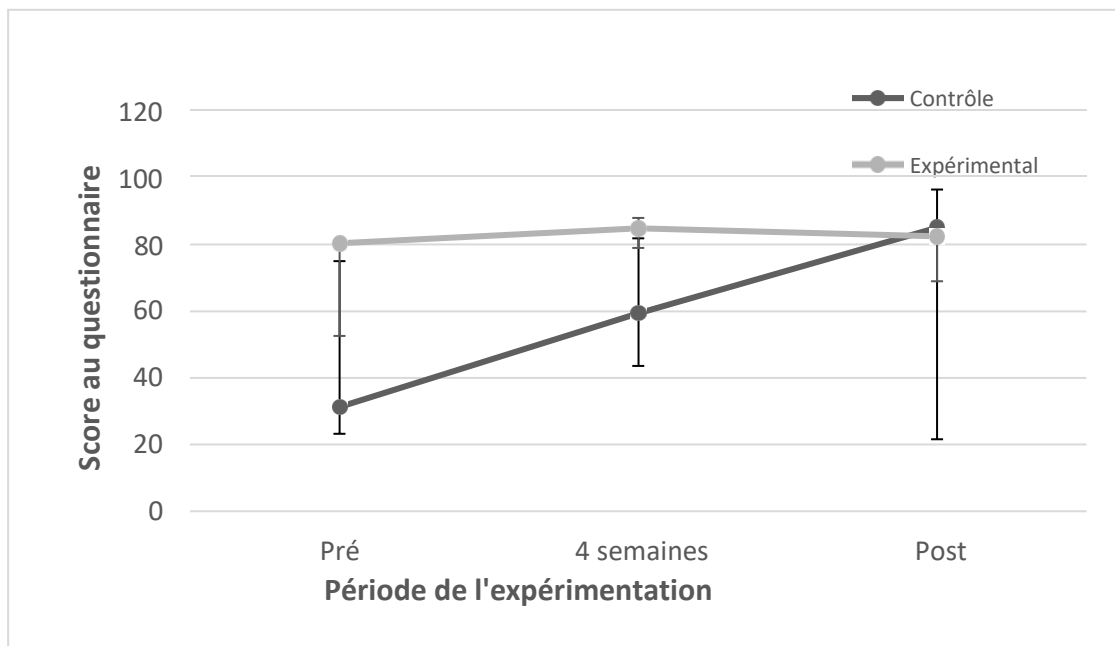


Figure 9 : Résultats au questionnaire *MSQOL-54*, partie santé mentale

5.10 Confiance face à l'activité physique

En ce qui concerne la confiance face à l'activité physique sur une échelle de 1 à 10, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 9,5$; $p = .229$).

Toutefois, on observe un effet de temps ($\chi^2 = 23,459$; $dl = 6$; $p < .05$). Plus spécifiquement, les différences se situent entre pré et la semaine 4 ($p = .034$), entre pré et la semaine 8 ($p = .042$) ainsi qu'entre pré et post ($p = .022$), ce qui signifie que la confiance des deux groupes a augmenté dans le temps. La confiance est passée de 7 (4-9) sur 10 en pré-expérimentation à 9 (7-10) sur 10 en post-expérimentation. Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une augmentation de la confiance totale de 38,5 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des sept phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 10). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 12$; $p = .057$), après 2 semaines ($Z = 8,5$; $p = .400$), après 4 semaines ($Z = 6$; $p = 1,00$) en milieu d'expérimentation ($Z = 7$; $p = 1,00$), après 6 semaines ($Z = 6,5$; $p = 1,00$), après 8 semaines ($Z = 8,5$; $p = .400$) et en post expérimentation ($Z = 7,5$; $p = .629$).

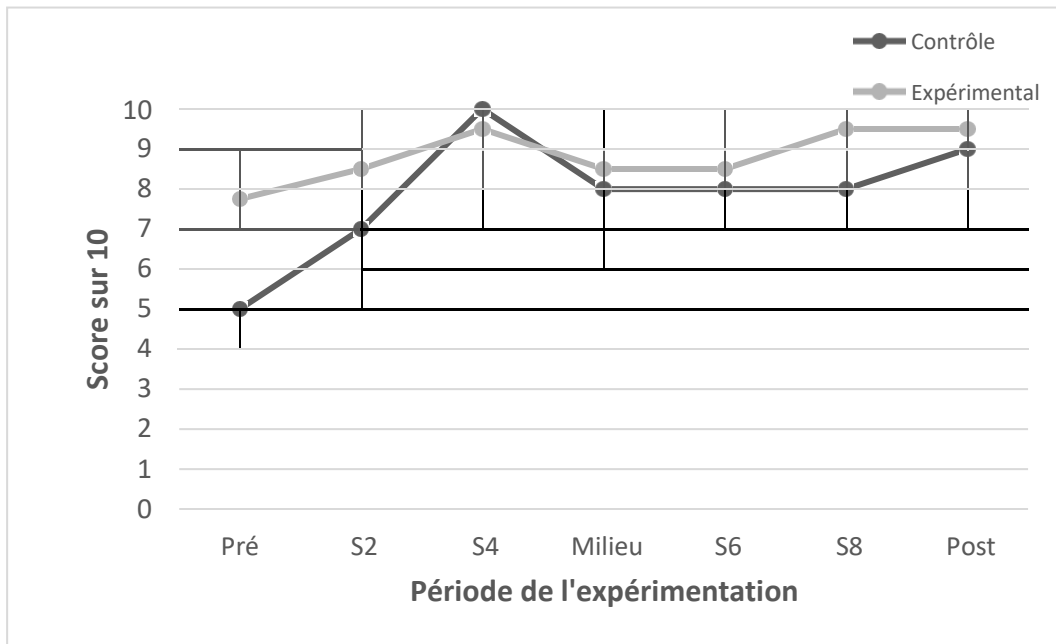


Figure 10 : Résultats confiance face à l'activité physique

5.11 Motivation face à l'activité physique

En ce qui concerne la motivation face à l'activité physique sur une échelle de 1 à 10, aucune différence n'a été trouvée entre les groupes ($Z = 8,5$; $p = .400$).

De plus, aucun effet de temps n'a été observé pour ce paramètre ($\chi^2 = 9,188$; $dl = 6$; $p = .163$). Globalement, lorsque l'on combine les deux groupes, on note en moyenne une augmentation de la motivation totale de 16,7 %.

Finalement, les tests inter-groupes conduits à chacune des sept phases de l'expérimentation n'ont pas révélé de différence, ce qui montre que les deux groupes ont évolué de façon similaire dans le temps (figure 11). Les groupes sont similaires en pré-expérimentation ($Z = 9$; $p = .400$), après 2 semaines ($Z = 7$; $p = 1,00$), après 4 semaines ($Z = 7$; $p = 1,00$) en milieu d'expérimentation ($Z = 4$; $p = .629$), après 6 semaines ($Z = 7,5$; $p = .629$), après 8 semaines ($Z = 8$; $p = .629$) et en post expérimentation ($Z = 7,5$; $p = .629$).

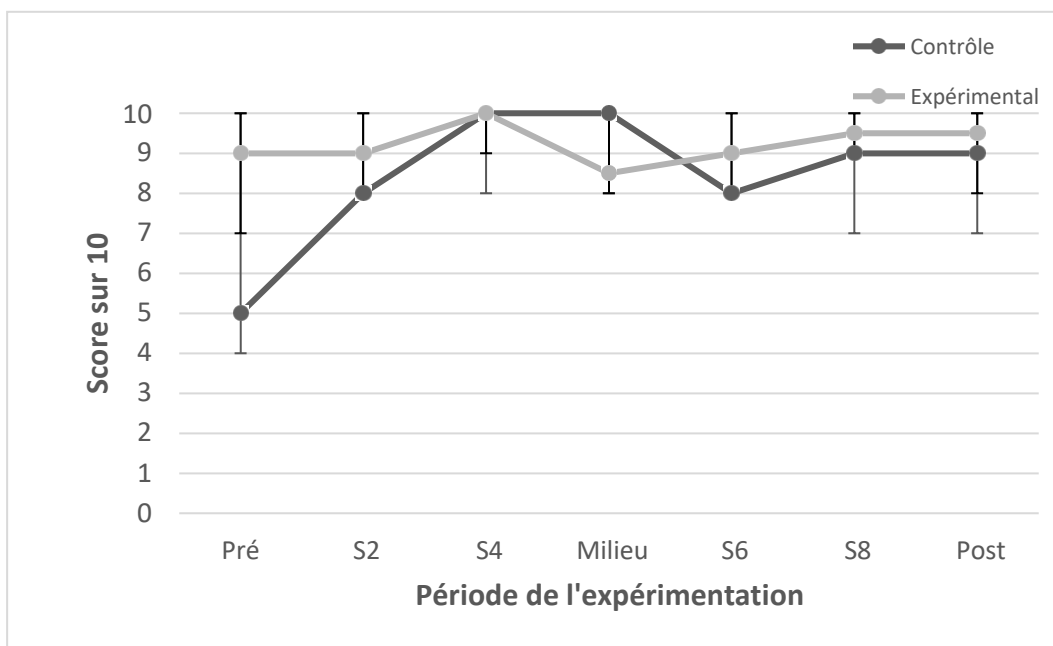


Figure 11 : Résultats motivation face à l'activité physique

6 DISCUSSION

6.1 Rappel des objectifs

Le premier objectif de la recherche était, dans un premier temps, d'évaluer les effets d'un entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel à l'aide de l'appareil Zénith sur la capacité de marche (vitesse et endurance), l'équilibre statique et dynamique ainsi que sur la force musculaire chez une population atteinte de sclérose en plaques ayant un EDSS se situant entre 6 et 7. Le deuxième objectif était de comparer ces effets à ceux obtenus suite à un entraînement traditionnel afin de déterminer si l'entraînement avec Zénith permettait des gains supérieurs. Finalement, les objectifs secondaires étaient de vérifier si l'entraînement traditionnel et l'entraînement avec l'appareil Zénith avaient un impact sur la motivation, le niveau de confiance face à l'activité physique, la fatigue et la qualité de vie et de comparer les deux méthodes d'entraînement afin de déterminer si l'entraînement avec Zénith avait un plus grand impact sur ces paramètres. Notre première hypothèse était que tous les paramètres à l'étude s'amélioreraient suite aux deux méthodes d'entraînement et notre deuxième hypothèse était que les améliorations avec l'appareil Zénith seraient supérieures à celles observées suite à un entraînement de la marche au sol sans soutien du poids corporel.

6.2 Timed up and go

Les résultats du test *Timed up and go*, montrent une amélioration significative entre pré et post dans les deux groupes ce qui concorde avec notre première hypothèse. Toutefois, contrairement à notre deuxième hypothèse, aucune différence n'a été observée entre les deux groupes, les améliorations étant les mêmes pour les deux méthodes d'entraînement. Le fait que les deux groupes effectuaient le même volume d'entraînement et les mêmes exercices pourrait, en partie, expliquer cette différence.

Quelques autres études ont évalué les effets d'un entraînement de la marche avec soutien du poids corporel sur la mobilité ainsi que l'équilibre statique et dynamique à l'aide du test *Timed up and Go* (Straudi et al., 2013; Swinnen et al., 2016; Schwartz et al., 2012). Contrairement à notre étude, qui évaluait un entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel, ces études évaluaient l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec

soutien du poids corporel et assistance robotisée. Bien qu'à ce jour, ces méthodes n'aient pas été comparées entre elles, on peut supposer qu'elles ne sont pas entièrement comparables et qu'il existe quelques différences entre les deux méthodes. En effet, l'appareil Zénith permet un plus grand nombre de possibilités que les autres appareils étudiés. En premier lieu, Zénith permet d'aller dans toutes les directions possibles comparativement aux appareils d'entraînement de la marche sur tapis roulant avec ou sans aide robotisée. De plus, le patient doit lui-même envoyer la commande motrice pour marcher comparativement à l'assistance robotisée ou des thérapeutes lors de l'entraînement sur tapis roulant avec support du poids corporel, ce qui augmente la spécificité de l'entraînement par rapport aux autres appareils. Il faut donc interpréter la comparaison entre ces études et la nôtre avec précaution.

Deux de ces études (Swinnen et al., 2016; Schwartz et al., 2012) comparaient l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée à un entraînement traditionnel de la marche et une de ces études (Straudi et al., 2013) comparait l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée à un entraînement traditionnel non spécifique à la marche. Dans chacun des cas, tout comme dans notre étude, aucune différence significative n'a été trouvée entre les groupes.

Toutefois, en ce qui concerne les effets pré-post, les études de Swinnen et al. (2016) et de Straudi et al. (2013) n'ont pas trouvé d'amélioration significative entre pré et post pour aucun des deux groupes, ce qui est à l'opposé de notre étude. Bien que le protocole d'entraînement du groupe contrôle n'était pas détaillé dans ces études, une des explications possibles est que les entraînements n'incluaient pas de changements de direction, ce mouvement étant compris dans le test *Timed up and go* (Kalron et al., 2015). En ce qui concerne les groupes expérimentaux, l'entraînement sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée ne permet d'ailleurs que de marcher en ligne droite comparativement à l'appareil Zénith utilisé dans notre étude qui permettait d'effectuer des changements de direction. Dans une même optique, notre protocole d'entraînement incluait des exercices de musculation spécifiques à certains mouvements du test *Timed up and Go* tels que le squat. Selon la littérature, un entraînement plus spécifique aux activités de la vie

quotidienne fournirait des améliorations supérieures au niveau de l'équilibre et de plusieurs paramètres de la marche (Chisari et al., 2014). Il serait donc possible que la différence significative entre pré et post observée dans notre étude soit en partie due à certains exercices spécifiques au test *Timed up and Go* qui étaient inclus dans notre protocole d'entraînement.

Une autre explication possible est que la fréquence d'entraînement de deux fois par semaine des études de Straudi et al. (2013) et Swinnen et al. (2016) était inférieure à notre étude où les participants s'entraînaient trois fois par semaine. Certains auteurs croient d'ailleurs qu'un volume d'entraînement plus élevé pourrait possiblement permettre des gains supérieurs (Schwartz et al., 2009; de Souza-Teixeira et al., 2009).

Finalement, en plus des exercices de marche, notre protocole d'entraînement comprenait des exercices de renforcement musculaire du tronc et du bas du corps avec contraction concentrique rapide pour les deux groupes, ce qui a pu avoir un impact sur les résultats au test. En effet, un entraînement musculaire en puissance du membre inférieur serait efficace pour améliorer les résultats au *Timed up and go* (de Souza-Teixeira et al., 2009), particulièrement lorsque tous les muscles du membre inférieur sont impliqués (Motl et Pilutti, 2012). De plus, le fait de renforcer les muscles du tronc aurait un impact positif sur l'équilibre, ce qui a également pu influencer les résultats (Motl et Pilutti, 2012).

L'étude de Schwartz et al. (2012) a trouvé une amélioration significative entre pré et post, mais contrairement à notre étude, cette amélioration a seulement été observée dans le groupe expérimental. Tout comme notre étude, l'étude de Schwartz et al. (2012) comprenait une fréquence d'entraînement de trois fois par semaine, ce qui peut expliquer la ressemblance concernant les résultats. De plus, tout comme dans notre étude, les participants du groupe expérimental devaient marcher à leur vitesse maximale tolérée. Comme mentionné précédemment, des contractions musculaires rapides semblent fournir de meilleurs gains au niveau de la force et de la puissance musculaire, qui semble elle-même liée à de meilleurs résultats au test *Timed up and Go*, ce qui pourrait expliquer les résultats supérieurs du groupe expérimental (de Souza-Teixeira et al., 2009).

Pour résumer, l'entraînement avec l'appareil Zénith a apporté une amélioration significative entre pré et post au test *Timed up and Go*, au même titre que l'entraînement traditionnel de la marche. Le fait que l'appareil puisse permettre d'exécuter des mouvements spécifiques à ce test, tels que des changements de direction peut, en partie, expliquer pourquoi les résultats se sont avérés significatifs après huit semaines d'entraînement, ce qui n'a pas été le cas pour certaines études qui utilisaient une méthode d'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel qui ne permettait que de marcher en ligne droite. La méthodologie d'entraînement où les participants des deux groupes devaient marcher le plus rapidement possible et exécuter des exercices de musculation avec contraction concentrique rapide peut également expliquer pourquoi les participants des deux groupes ont eu des améliorations significatives suite aux deux méthodes d'entraînement. Bien que les deux méthodes d'entraînement se soient avérées efficaces, il est à noter que le fait de se déplacer le plus rapidement possible demeure plus sécuritaire pour le participant et pour le kinésologue lorsque l'entraînement est exécuté à l'aide de l'appareil Zénith en raison du système de prévention des chutes, ce qui est à prendre en considération lors de l'entraînement, particulièrement lorsque les troubles d'équilibre sont sévères. Lors de la rencontre finale, les participants du groupe expérimental ont d'ailleurs mentionné aimer le fait de se sentir supportés lorsqu'ils devaient marcher plus rapidement. Dans cette optique, il serait intéressant de faire une autre étude avec des participants qui ont un handicap plus sévère et qui ne seraient pas en mesure de faire l'entraînement traditionnel.

6.3 Vitesse de marche

On observe que les deux groupes se sont améliorés de manière significative au niveau de la vitesse de marche entre pré et post, tant au niveau de la vitesse maximale que de la vitesse préférée, ce qui concorde avec notre première hypothèse. Toutefois, contrairement à notre deuxième hypothèse, aucune différence n'a été observée entre les deux groupes, les améliorations étant les mêmes pour les deux méthodes d'entraînement. Le fait que les deux groupes effectuaient des exercices où ils devaient marcher le plus rapidement possible peut, en partie, expliquer ce résultat. Dans une autre optique, après avoir combiné les résultats de leur étude avec ceux de quelques autres études, les auteurs de l'étude de Vaney et al. (2012)

ont noté que les résultats à plusieurs tests de marche semblaient supérieurs suite à un entraînement conventionnel de la marche lorsque les sujets étaient en mesure de marcher 10 mètres en moins de 16 secondes et, qu’au contraire, les résultats semblaient supérieurs suite à un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée lors que les sujets marchaient 10 mètres en plus de 16 secondes. Bien que l’entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée ne soit pas entièrement comparable avec l’entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel, quatre des sept participants de notre étude étaient en mesure de marcher 10 mètres en moins de 16 secondes. Parmi ces participants, trois des quatre participants faisaient partie du groupe expérimental. Il est donc possible que ces participants aient moins bénéficié de l’entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel, ce qui pourrait également expliquer qu’il n’y ait eu aucune différence significative entre les groupes. Dans le futur, il serait intéressant de faire une étude avec des participants dont les troubles de la marche sont plus sévères ayant un EDSS de 7 et plus et une vitesse de marche plus lente.

Quelques autres études ont évalué les effets d’un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans aide robotisée sur la vitesse de marche (Ruiz et al., 2013; Beer et al., 2008; Schwartz et al., 2012; Van den Berg et al., 2006; Swinnen et al., 2016; Newman et al., 2007; Lo et Triche, 2008; Giesser et al., 2007; Vaney et al., 2012). Les résultats de ces études sont mitigés en termes d’amélioration de la vitesse de marche. En effet, certaines études ont observé une amélioration significative de la vitesse de marche après un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans assistance robotisée (Beer et al., 2008; Van den Berg et al., 2006; Newman et al., 2007; Giesser et al., 2007; Lo et Triche, 2008), alors que d’autres études n’ont observé aucune différence significative entre pré et post (Ruiz et al., 2013; Schwartz et al., 2012; Swinnen et al., 2016; Vaney et al., 2012). Il est difficile d’expliquer pourquoi les résultats ont été différents d’une étude à l’autre étant donné l’hétérogénéité des protocoles d’entraînement, de la population étudiée et des tests utilisés d’une étude à l’autre.

En premier lieu, différents tests de marche ont été utilisés dans les différentes études, soit le *Timed 25-Foot Walk*, le *20-m Walk Test*, ainsi que le *10-m Walk Test*. Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé le *10-m walk test* afin de mesurer la vitesse de marche des participants. Ce test a été reconnu comme étant valide et fidèle auprès de la population atteinte de sclérose en plaques (Nilsagard et al., 2007). Il est à la fois possible d'exécuter ce test à vitesse maximale sans que la sécurité ne soit compromise ou à vitesse préférée (Kalron et al., 2015). Étant donné que nous voulions étudier le plus de paramètres possible, nous avons choisi d'utiliser les deux versions du test. Nous voulions à la fois observer si la meilleure allure moyenne sur une longue distance à laquelle les participants étaient à l'aise de marcher pouvait s'améliorer suite à l'entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel et s'ils étaient en mesure de marcher plus rapidement lorsque nécessaire, par exemple pour traverser une rue.

Dans leur discussion, les auteurs de l'étude de Swinnen et al. (2016) ont mentionné qu'il était possible que le *Timed 25-Foot Walk* soit plus efficace que le *10-m Walk Test* pour trouver des différences significatives entre pré et post, ce qui pouvait, en partie expliquer qu'ils n'aient pas trouvé de différences significatives à ce test. Toutefois, quelques études, dont la nôtre, montre une différence significative entre pré et post au *10-m Walk Test*, ce qui laisse croire que ce test est également efficace pour trouver des différences entre pré et post. Un fait intéressant est que, parmi les études ayant utilisé le *10-m Walk Test*, peu d'entre elles ont mentionné si elles avaient utilisé la version du test à vitesse préférée ou à vitesse maximale. Bien que les deux versions aient été validées auprès de la population cible, cela peut tout de même influencer le résultat. Si l'on prend notre étude comme exemple, nous avons noté une amélioration entre pré et post de 24,2 % lorsque le test était exécuté à vitesse maximale alors que l'amélioration était de 13,8 % lorsque le test était exécuté à vitesse préférée.

Dans un deuxième temps, beaucoup de variations ont été observées au sein des études. La durée des études variait généralement de trois à huit semaines, la fréquence d'entraînement variait de deux à cinq fois par semaine et la sévérité du handicap selon l'EDSS des participants variait entre 3,0 et 7,5. Par ailleurs, l'intensité à laquelle les participants se sont entraînés n'était pas souvent mentionnée dans les différentes études, ce qui a pu avoir un impact sur les

résultats. De plus, lors de l'entraînement sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans assistance robotisée, les participants devaient généralement marcher en continu pour une certaine durée de temps et avaient le droit de prendre des pauses au besoin. Contrairement à ce protocole, les participants de notre étude devaient exécuter différents exercices de marche le plus rapidement possible et avaient deux minutes de pause pour récupérer entre chaque série et chaque exercice afin d'être en mesure de maintenir une intensité élevée tout au long de l'entraînement, ce qui a également pu influencer les résultats. La littérature suggère d'ailleurs qu'une intensité élevée favoriserait une plus grande amélioration à certains tests de marche (de Souza-Teixeira et al., 2009; Schwartz et al. 2012; Collett et al., 2011). Une étude récente semble d'ailleurs confirmer que l'activité physique d'intensité modérée à vigoureuse semble mieux corrélée à la vitesse de marche que l'activité physique à faible intensité et ce, particulièrement chez les personnes atteintes de 60 ans et plus (Baird et al., 2019).

Dans une autre optique, il est possible que les gains supérieurs à ceux observés dans d'autres études soient dus aux gains de force des ischio-jambiers et des quadriceps des participants obtenus au cours de l'entraînement. En effet, au cours de notre étude, nous avons observé une augmentation globale de la force maximale estimée de 37,8 % au niveau des quadriceps et de 30 % au niveau des ischio-jambiers parmi les participants. Il existe d'ailleurs des évidences que le fait de renforcer ces groupes musculaires aiderait à obtenir des améliorations dans plusieurs paramètres de la marche, dont la vitesse (Yahia et al., 2011; Mevellec et al., 2003). Il est possible que ces gains soient dus à la fois à l'entraînement de la marche ainsi qu'au programme de renforcement musculaire ajouté à l'entraînement. D'ailleurs, l'étude de Beer et al. (2008) qui ont, comme nous, inclus le protocole d'entraînement de la marche dans le cadre d'un programme plus complet ont, eux aussi, noté une amélioration significative de la vitesse de marche.

Pour résumer, au même titre que l'entraînement traditionnel de la marche, l'entraînement avec l'appareil Zénith s'est avéré efficace pour améliorer la vitesse de marche, tant à vitesse préférée qu'à vitesse maximale. En plus de l'entraînement de la marche, il est possible que la partie de musculation comprise dans l'entraînement ait été responsable des gains de vitesse puisque les gains de force des ischio-jambiers et des quadriceps sont liés à

l'amélioration de la vitesse de marche. Bien qu'il soit impossible de déterminer quelle part de l'entraînement de la marche et de l'entraînement en musculation est responsable des gains de vitesse, cette étude montre comment un entraînement complet où plusieurs modalités sont combinées peut augmenter la vitesse de marche. Toutefois, d'un autre côté, il est difficile de comparer notre étude avec les autres études où les résultats ont été mitigés en termes d'amélioration de la vitesse de marche en raison de variations au sein des protocoles d'entraînement. Une des différences principales avec les autres protocoles d'entraînement est que nos participants effectuaient des exercices de marche par intervalles de deux minutes et non de la marche en continu sur une certaine période de temps, ce qui leur permettait de marcher à une intensité supérieure. Dans de futures études, il serait intéressant de comparer ces deux méthodes afin de voir si la marche par intervalles à plus haute intensité pourrait apporter des gains supérieurs de la vitesse de marche. Dans ce contexte, l'entraînement avec l'appareil Zénith s'avérerait intéressant, particulièrement chez une population ayant des troubles d'équilibre sévères puisqu'il permet de marcher plus rapidement tout en demeurant sécuritaire. Dans cette optique, il serait également intéressant de refaire une étude avec des participants dont l'atteinte est plus sévère et dont la vitesse de marche de base est plus lente afin de voir si, dans un tel cas, les améliorations seraient supérieures avec l'appareil Zénith, comme le supposent les auteurs de l'étude de Vaney et al. (2012).

6.4 Fatigue

Les résultats au questionnaire *Fatigue Severity Scale* ne montrent aucune différence entre les groupes et une amélioration non significative, ce qui va à l'encontre de nos hypothèses de départ. Bien que l'amélioration n'était pas significative, il semble que l'entraînement a été bien toléré par les participants puisqu'aucune augmentation de la fatigue n'a été rapportée. Quelques études en lien avec l'entraînement de la marche ont évalué les effets sur la fatigue (Newman et al., 2007; Swinnen et al., 2016; Van den Berg et al., 2006; Weir et al., 2011). Aucune de ces études n'a observé d'amélioration ou de détérioration significatives de la fatigue, ce qui concorde avec les résultats de notre étude.

Étant donné que notre échantillon était relativement petit, il est possible que des différences significatives aient pu être observées avec un plus grand échantillon. Toutefois,

l'étude de Swinnen et al. (2016), qui comparait les effets d'un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée à un entraînement conventionnel de la marche chez 52 personnes atteintes de sclérose en plaques, n'a trouvé aucun changement significatif entre pré et post au niveau de la fatigue. Bien qu'elle n'était composée que de personnes atteintes d'une forme progressive de sclérose en plaques, la population de cette étude était relativement similaire à la nôtre en termes d'âge et de sévérité du handicap selon l'EDSS. La fréquence d'entraînement (2 fois/semaine) était toutefois moins importante que celle de notre étude (3 fois/semaine) et l'étude de Swinnen et al. (2016) s'étendait sur une durée de six semaines alors que notre étude s'étendait sur une durée de huit semaines.

Bien que les tests pré-post ne se soient pas avérés significatifs, une amélioration moyenne des deux groupes de 22,7 % a tout de même été observée au questionnaire *Fatigue Severity Scale*. Il est possible qu'un programme d'entraînement d'une plus longue durée ait permis d'obtenir des améliorations significatives de la fatigue. D'ailleurs, aucune étude ayant mesuré l'effet de l'entraînement de la marche sur la fatigue ne s'est étendue sur une durée supérieure à huit semaines (Newman et al., 2007; Swinnen et al., 2016; Van den Berg et al., 2006; Weir et al., 2011). Il serait donc intéressant d'observer les effets d'un entraînement de plus longue durée sur la fatigue.

6.5 Force musculaire

La force musculaire des quadriceps et des ischio-jambiers, qui était évaluée à l'aide du test des RM multiples au *leg extension* et au *leg curl*, s'est améliorée de manière significative entre pré et post pour les deux groupes, ce qui concorde avec notre première hypothèse. Toutefois, aucune différence entre les groupes n'a été observée ce qui va à l'opposé de notre deuxième hypothèse. Le fait que les deux groupes effectuaient les mêmes exercices de musculation suite à l'entraînement de la marche peut, en partie, expliquer ce résultat.

Deux autres études ont évalué l'effet d'un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel sur la force musculaire au niveau du membre inférieur. L'étude de Beer et al. (2008) évaluait l'amélioration de la force des quadriceps alors que l'étude de

Giesser et al. (2007) évaluait l'amélioration de la force musculaire dans tous les groupes musculaires principaux du membre inférieur, dont les quadriceps et les ischio-jambiers. Dans chacun des cas, des améliorations significatives ont été observées suite à l'entraînement, ce qui correspond à nos résultats. Tout comme pour notre étude, les auteurs de l'étude de Beer et al. (2008) ont évalué l'amélioration de la force musculaire dans le cadre d'un programme plus complet incluant l'entraînement de la marche avec soutien du poids corporel. Dans un tel contexte, il est difficile d'évaluer quelle part de l'amélioration peut être attribuée à l'entraînement de la marche et quelle part peut être attribuée aux autres exercices de musculation. L'étude de Giesser et al. (2007) vient toutefois confirmer que l'entraînement de la marche avec soutien du poids corporel est efficace pour améliorer la force musculaire du membre inférieur.

Ces études ne sont toutefois pas entièrement comparables à notre étude puisqu'elles n'utilisaient pas les mêmes tests afin d'évaluer la force musculaire. Les auteurs de l'étude de Giesser et al. (2007) utilisaient une méthode de tests manuels alors que l'étude de Beer et al. (2008) n'a pas précisé la méthode utilisée. Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi le test des RM multiples puisque cette méthode est abordable financièrement et que nous avons accès à l'équipement nécessaire. De plus, cette méthode est plus sécuritaire que le test de 1 RM avec une population symptomatique.

En résumé, l'entraînement avec l'appareil Zénith a mené à une amélioration de la force maximale estimée des ischio-jambiers et des quadriceps. Cette amélioration était semblable à celle observée suite à l'entraînement traditionnel, ce qui peut être dû au fait que les deux groupes effectuaient les mêmes exercices de musculation suite à l'entraînement de la marche. Le fait que nous évaluions l'entraînement avec l'appareil Zénith dans le cadre d'un programme plus complet rend l'interprétation plus difficile puisqu'il est impossible de déterminer quelle part d'amélioration est due à l'entraînement avec l'appareil et quelle part est due à la musculation. Dans les études futures, il serait intéressant de refaire une étude où une partie des participants effectueraient seulement l'entraînement avec l'appareil et où les autres participants effectueraient un entraînement en musculation suite à l'entraînement avec l'appareil.

6.6 Qualité de vie

Les résultats au questionnaire *MSQOL-54* ne montrent aucune amélioration significative entre pré et post et aucune différence entre les groupes, tant pour la partie du questionnaire concernant la qualité de vie physique perçue que pour la partie concernant la santé mentale, ce qui va à l'encontre de nos hypothèses de départ.

D'autres études ont évalué l'effet d'un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans assistance robotisée sur la qualité de vie (Schwartz et al., 2012; Weir et al., 2011; Swinnen et al., 2016; Pilutti et al., 2011; Giesser et al., 2007; Vaney et al., 2012). La majorité des études ont trouvé une amélioration significative de la qualité de vie perçue suite à l'entraînement, ce qui va, encore une fois, à l'encontre des résultats que nous avons obtenus. La plupart de ces études utilisaient toutefois un questionnaire différent de celui qui a été utilisé lors de notre étude afin de mesurer la qualité de vie, ce qui a pu avoir un impact sur les résultats. Seuls les auteurs de l'étude de Pilutti et al. (2011) ont utilisé le questionnaire *MSQOL-54* pour évaluer la qualité de vie perçue. Contrairement à notre étude, ils ont observé une amélioration significative entre pré et post de la qualité de vie perçue suite à l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel. Leur étude s'étendait toutefois sur une période de 12 semaines alors que la nôtre s'étendait sur une période de huit semaines. Il est donc possible qu'avec une plus longue période d'entraînement, des améliorations significatives de la qualité de vie perçue aient pu être observées dans le cadre de notre étude. D'ailleurs, bien que ces améliorations ne soient pas significatives, nous avons observé une amélioration globale de la qualité de vie physique perçue de 21 % suite à l'entraînement ainsi qu'une amélioration globale de la santé mentale de 22,3 %.

Dans une autre optique, il est également possible que nos résultats n'aient pas été significatifs en raison de la taille de notre échantillon qui était plus petit que l'échantillon de la plupart des études ayant observé une amélioration significative de la qualité de vie. Seules deux études ayant un échantillon comparable au nôtre ont observé une amélioration pré-post de la qualité de vie suite à l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel (Pilutti et al., 2011; Giesser et al., 2007). Ces études s'étendaient toutefois sur une

période plus longue que la nôtre, soit une période de 12 semaines. Il est donc possible que, lorsque l'échantillon est petit, une plus longue période d'entraînement soit nécessaire pour que les résultats soient significatifs.

6.7 Endurance de marche

Tout comme pour les autres tests de marche, les deux groupes se sont améliorés de manière significative au niveau de l'endurance de marche entre pré et post, ce qui concorde avec notre première hypothèse. Toutefois, contrairement à notre deuxième hypothèse, aucune différence n'a été observée entre les deux groupes, les améliorations étant les mêmes après les deux méthodes d'entraînement. Le fait que les deux groupes effectuaient le même volume d'entraînement peut, en partie, expliquer ce phénomène. En effet, le programme était conçu de manière à ce que les participants des deux groupes aient deux séries de deux minutes d'action, suivies de deux minutes de pause pour tous les exercices de marche. En ce qui concerne le renforcement musculaire, le volume d'entraînement était également identique pour les deux groupes en termes de nombre de séries et de temps de pause.

Quelques autres études ont évalué les effets d'un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans aide robotisée sur l'endurance de marche (Ruiz et al., 2013; Beer et al., 2008; Schwartz et al., 2012; Van den Berg et al., 2006; Swinnen et al., 2016; Straudi et al., 2013; Newman et al., 2007; Lo et Triche, 2008; Giesser et al., 2007; Vaney et al., 2012). Comme mentionné précédemment, cette méthode d'entraînement n'est pas entièrement comparable à la nôtre puisque les participants de notre étude effectuaient un entraînement de la marche au sol avec soutien du poids corporel, ce qui leur permettait d'effectuer une plus grande variété de mouvement. Toutefois, tout comme dans notre étude, la plupart des études mentionnées ci-haut ont observé des améliorations significatives de l'endurance de marche suite à l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans aide robotisée.

Seulement deux des études n'ont trouvé aucune amélioration significative de l'endurance de marche suite à l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel (Schwartz et al., 2012; Vaney et al., 2012). Une hétérogénéité au niveau des

protocoles d'entraînement pourrait en partie expliquer ce phénomène. En effet, il est intéressant de noter que la durée de ces études était relativement courte. L'étude de Vaney et al. (2012) s'étendait sur une durée de trois semaines alors que l'étude de Schwartz et al. (2012) s'étendait sur une durée de quatre semaines. Il est possible que cette durée soit trop courte pour induire des gains significatifs au niveau de l'endurance de marche. La littérature suggère d'ailleurs qu'une période d'entraînement trop courte serait moins efficace pour obtenir des gains significatifs pour plusieurs paramètres de la marche, dont l'endurance (Schwartz et al., 2012; Vaney et al., 2012). Toutefois, l'étude de Beer et al. (2008), où la période d'entraînement n'était que de 3 semaines, a observé une amélioration significative entre pré et post de l'endurance de marche suite à un entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel et assistance robotisée. La fréquence d'entraînement de 5 fois par semaine était toutefois plus élevée que toutes les autres études. De plus, l'étude se déroulait dans un contexte clinique où les participants effectuaient en moyenne 16,2 heures d'entraînement supplémentaire par semaine, ce qui a également pu avoir un impact sur les résultats pré-post.

Parmi les études mentionnées plus haut, certaines études comparaient l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans assistance robotisée à un entraînement traditionnel (Beer et al., 2008; Schwartz et al., 2012; Swinnen et al., 2016; Straudi et al., 2013; Vaney et al., 2012). De manière générale, aucune différence n'a été observée entre les groupes contrôle et expérimentaux, ce qui concorde avec les résultats de notre étude. Ces résultats concordent également avec ceux d'une méta-analyse de Swinnen (2012) qui n'avait pas trouvé de différences significatives entre l'entraînement de la marche sur tapis roulant avec soutien du poids corporel avec ou sans assistance robotisée et un entraînement traditionnel de la marche. Seules les études de Swinnen et al. (2016) et de Straudi et al. (2013) ont observé une différence entre les groupes, favorisant le groupe expérimental. L'entraînement du groupe contrôle de l'étude de Straudi et al. (2013) n'était cependant pas spécifique à la marche. Il ne comprenait que des exercices d'étirement et de renforcement généraux du bas du corps et du tronc. Les exercices de démarche, d'équilibre et de coordination n'étaient inclus que de manière optionnelle dans le programme d'entraînement.

Le fait de pratiquer des activités spécifiques à la marche fournirait d'ailleurs de meilleurs résultats, ce qui peut expliquer la différence entre les groupes (Chisari et al., 2014). De plus, bien que les participants du groupe contrôle de l'étude de Swinnen et al. (2016) devaient effectuer un entraînement spécifique à la marche, les auteurs ont mentionné que les exercices n'étaient pas exactement les mêmes selon les préférences des participants, ce qui peut expliquer la différence entre les groupes.

Dans un autre ordre d'idées, les tests utilisés pour mesurer l'endurance de marche variaient également d'une étude à l'autre. Certaines études utilisaient le *6-minute walk test* alors que d'autres utilisaient le *2-minute walk test*. Bien que le *6-minute walk test* soit considéré comme la mesure étalon pour évaluer l'endurance de marche chez les personnes atteintes de sclérose en plaques (ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories, 2002), les deux tests ont été validés auprès de la population cible. En effet, le *2-minute walk test* est représentatif du test de 6 minutes, fournissant des résultats similaires avec une marge d'erreur de 5 %. Il a été mis en place comme alternative au test de 6 minutes puisqu'il demande moins de temps et d'effort aux personnes atteintes (Gijbels et al., 2011). C'est d'ailleurs pour cette raison que nous avons choisi ce test dans le cadre de notre étude. Seulement l'une des études (Vaney et al., 2012) a utilisé un test différent de ces deux tests, soit le *3 minute walk test*. Bien que le principe soit le même que les tests de deux et de six minutes, ce test n'a, au meilleur de nos connaissances, pas été validé auprès d'une population atteinte de sclérose en plaques. Cette étude est d'ailleurs la seule étude qui n'a trouvé aucune différence significative suite à l'entraînement, tant dans le groupe contrôle que dans le groupe expérimental, ce qui pourrait, en partie être causé par le choix du test. Comme mentionné précédemment, d'autres facteurs sont toutefois en jeu, comme la courte durée de l'étude (3 semaines).

Pour résumer, l'entraînement de la marche avec l'appareil Zénith a mené à une amélioration significative de l'endurance de marche similaire à un entraînement traditionnel. Une durée d'étude plus longue ainsi qu'une fréquence d'entraînement plus élevée semble mener à des augmentations supérieures de l'endurance de marche, ce qui peut expliquer nos résultats. De plus, le fait que les deux groupes effectuaient le même volume d'entraînement peut

également expliquer pourquoi les améliorations étaient similaires suite aux deux méthodes d'entraînement. Dans les études futures, il serait intéressant de voir si un entraînement avec l'appareil Zénith permet un plus grand volume d'entraînement, ce qui, le cas échéant, pourrait mener à de meilleurs résultats.

6.8 Confiance et motivation

Afin d'ajouter un élément qualitatif supplémentaire à l'analyse, deux échelles de 1 à 10 portant sur la confiance face à l'activité physique ainsi que la motivation face à l'activité physique ont été ajoutées aux tests et questionnaires. Étant donné que ces questions ont été conçues par le chercheur de l'étude, aucune comparaison n'est possible avec une autre étude. Les résultats de cette analyse doivent être interprétés avec précaution puisque ces questions n'ont pas été validées auprès de la population atteinte de sclérose en plaques.

En ce qui concerne la motivation face à l'activité physique, aucune différence n'a été observée entre les groupes. De plus, aucun effet de temps n'a été observé, ce qui va à l'opposé des deux hypothèses de départ. Il est possible que la motivation n'ait pas significativement augmenté puisqu'elle était déjà élevée au début de l'expérimentation. En effet, on peut observer que la moyenne de départ était relativement élevée (7,7/10). Le fait que les participants participaient au projet de recherche sur une base volontaire a pu faire en sorte que nous avons recruté des participants ayant une motivation relativement élevée à la base.

En ce qui concerne la confiance face à l'activité physique, aucune différence n'a été observée entre les groupes. Toutefois, on remarque que le groupe contrôle s'est amélioré de 85,6 % alors que le groupe expérimental s'est amélioré de 17,4 %, ce qui va à l'encontre de notre deuxième hypothèse. Il est intéressant de noter que le niveau de confiance du groupe contrôle (4,7/10) était plus bas que celui du groupe expérimental (7,9/10) au début de l'expérimentation. Il est possible que le fait de s'entraîner avec un nouvel appareil d'entraînement de la marche muni d'un système de prévention des chutes ait augmenté la confiance du groupe expérimental au départ. Suite aux deux premières semaines d'entraînement, on constate que le groupe contrôle a rattrapé le groupe expérimental, ce qui peut expliquer l'augmentation plus marquée entre pré et post. Le fait de progresser dans

l'entraînement et d'être supervisé par un kinésiologue peut expliquer cette hausse de la confiance chez le groupe contrôle. Une amélioration significative entre le pré et le post a été observée, ce qui concorde avec notre première hypothèse. Le fait que les participants ont progressé dans tous les tests a possiblement aidé à augmenter leur confiance, ce qui peut en partie expliquer ce phénomène.

En d'autres mots, la motivation des participants était similaire suite aux deux méthodes d'entraînement. De plus, aucune augmentation significative n'a été notée. Il est toutefois intéressant de noter que la motivation de base était élevée dans les deux groupes, ce qui peut être dû au fait que les participants étaient déjà motivés à la base puisqu'ils participaient à l'étude sur une base volontaire. De plus, on note que la confiance a augmenté de manière supérieure dans le groupe contrôle comparativement au groupe expérimental. Le fait que la confiance de base était plus basse dans le groupe contrôle que dans le groupe expérimental peut expliquer ce résultat puisque le groupe contrôle a rattrapé le groupe expérimental en début d'entraînement. Finalement, l'amélioration de la confiance s'est avérée significative suite aux deux méthodes d'entraînement, ce qui peut être dû au fait que les participants ont observé des améliorations de leur condition physique et que les séances étaient supervisées par un kinésiologue. Lors de la rencontre finale, certains participants ont d'ailleurs mentionné que le fait d'avoir de petits défis à l'entraînement et d'être bien encadrés était bon pour leur confiance et que les gains observés suite à l'entraînement ont réduit leur peur de tomber et leur ont donné confiance de faire des activités qu'ils ne se croyaient plus en mesure de pratiquer.

6.9 Limites

Les résultats doivent cependant être interprétés avec prudence en raison des limites présentes dans cette étude. Dans un premier temps, l'échantillon était trop petit pour être généralisé à la population. Dans un deuxième temps, aucun groupe contrôle n'était présent au sein de l'étude, ce qui rendait difficile d'évaluer la part d'amélioration aux tests due à l'effet d'apprentissage. De plus, les participants étaient au courant des objectifs de l'expérimentation, ce qui a pu avoir un impact sur leur motivation et leur confiance. Il faut également mentionner que, pour des raisons éthiques, il n'était pas interdit aux participants de pratiquer une autre

activité physique dans le cadre du programme, ce qui a pu avoir une influence sur les résultats. Finalement, les évaluateurs des tests et des questionnaires étaient les responsables du projet ce qui a pu induire un biais involontaire. Dans une même optique, il est également possible que les participants aient modifié leurs réponses aux questions et aux questionnaires par biais de désirabilité sociale.

7 CONCLUSION

En conclusion, un entraînement s'étendant sur une période de huit semaines à raison de trois fois par semaine avec l'appareil Zénith semble efficace pour améliorer l'équilibre statique et dynamique, la mobilité, la vitesse de marche, l'endurance de marche, la force musculaire des ischio-jambiers et des quadriceps ainsi que la confiance face à l'activité physique chez une population atteinte de sclérose en plaques ayant un EDSS se situant entre 6 et 7. Des améliorations non-significatives de la fatigue perçue, de la qualité de vie perçue ainsi que de la motivation ont également été observées suite à l'entraînement. Ces améliorations semblent être similaires à celles observées suite à un entraînement traditionnel de la marche sans soutien du poids corporel. Le fait que cet entraînement se soit avéré efficace représente toutefois une option supplémentaire et sécuritaire pour entraîner la marche chez une population atteinte de sclérose en plaques avec un handicap sévère, particulièrement où le risque de chutes est élevé et où la force du membre inférieur est insuffisante pour entraîner la marche. Un entraînement avec cet appareil pourrait également être utile à différentes populations ayant des troubles de la marche tels que le Parkinson, l'accident vasculaire cérébral, et les accidents de la route. Des études avec un plus grand échantillon et un groupe contrôle seraient toutefois nécessaires afin de confirmer les résultats obtenus. En ce qui concerne les études futures, il serait intéressant de réaliser une étude avec une population ayant un handicap plus sévère et une vitesse de marche de base plus lente n'étant pas en mesure d'effectuer un entraînement traditionnel de la marche sans soutien du poids corporel afin d'évaluer les effets d'un entraînement avec l'appareil chez cette population. Ensuite, tel que mentionné par Motl et Pilutti (2012), peu d'études ont étudié les effets de l'entraînement sur la cognition. Il serait donc pertinent d'évaluer les effets d'un entraînement avec Zénith sur la cognition dans de futures études. Il serait également intéressant de ne pas contrôler pour le volume d'entraînement afin de vérifier si un entraînement avec l'appareil Zénith permet de faire un plus grand volume d'entraînement qu'un entraînement traditionnel avant l'apparition de la fatigue et si cela permet d'obtenir des gains supplémentaires. Il serait aussi pertinent d'évaluer l'effet d'un entraînement avec d'autres types d'appareils d'entraînement de la marche avec soutien du poids corporel et de comparer directement ces appareils avec

l'appareil Zénith. Dans une autre optique, il serait pertinent de comparer plusieurs protocoles d'entraînement de la marche avec l'appareil Zénith, par exemple, la marche en continu et la marche par intervalles à haute intensité afin de vérifier si l'un de ces protocoles d'entraînement est plus efficace pour améliorer la capacité de marche. De plus, afin de vérifier quelles parts des améliorations sont dues à l'entraînement avec l'appareil Zénith, il serait intéressant de faire une étude où un des groupes effectue l'entraînement en musculation suite à l'entraînement avec l'appareil et où un groupe effectue seulement un entraînement avec l'appareil. Finalement, il serait intéressant de faire une étude où l'entraînement est d'une plus longue durée que les huit semaines de notre étude afin de vérifier si certaines améliorations non-significatives observées dans notre étude pourraient le devenir suite à une plus longue période d'entraînement.

En bref, l'appareil Zénith semble être une option efficace pour améliorer la capacité de marche, l'équilibre et la force musculaire chez les personnes atteintes de sclérose en plaques ayant un handicap sévère, pouvant, du même coup, potentiellement améliorer leur autonomie. Bien que les résultats aient été les mêmes qu'un entraînement traditionnel, cette option s'avère intéressante chez cette population puisqu'elle n'implique aucun risque de chutes. Dans de futures études, il serait intéressant de tester différents protocoles d'entraînement avec l'appareil ainsi que de tester l'appareil chez des personnes ayant un handicap plus sévère, par exemple, des personnes ayant recours à un fauteuil roulant pour se déplacer. Il serait également intéressant de vérifier si l'appareil permet un plus grand volume d'entraînement sans augmenter la fatigue.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Acquadro, C., Lafortune, L., et Mear, I. (2003). Quality of life in multiple sclerosis: translation in French Canadian of the MSQoL-54. *Health and quality of life outcomes*, 1(1), 70.

Alexander Rae-Grant, M. D., Fox, R., et Bethoux, F. (2013). Multiple Sclerosis and Related Disorders: Diagnosis, Medical Management, and Rehabilitation. Demos Medical Publishing.

Alias, N. A., Huq, M. S., Ibrahim, B. S. K. K., et Omar, R. (2017). The Efficacy of State of the Art Overground Gait Rehabilitation Robotics: A Bird's Eye View. *Procedia Computer Science*, 105, 365-370.

ARETECH. (2018). ZeroG® Gait and Balance System. Repéré à :
<https://www.aretchllc.com/products/zerog-gait-and-balance/#product-overview>

Arpin, D. J., Davies, B. L., et Kurz, M. J. (2016). Multiple sclerosis influences the precision of the ankle plantarflexor muscular force production. *Gait & posture*, 45, 170-174.

ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. (2002). Statement AT: guidelines for the six-minute walking-test. *Am J Respir Crit Care Med*, 166, 111-117.

Azad, A., Taghizadeh, G., et Khaneghini, A. (2011). Assessments of the reliability of the Iranian version of the Berg Balance Scale in patients with multiple sclerosis. *Acta Neurol Taiwan*, 20(1), 22-8.

Baird, J. F., Cederberg, K. L., Sikes, E. M., Silveira, S. L., Jeng, B., Sasaki, J. E., ... et Motl, R. W. (2019). Physical activity and walking performance across the lifespan among adults with multiple sclerosis. *Multiple sclerosis and related disorders*, 35, 36-41.

Beer, S., Aschbacher, B., Manoglou, D., Gamper, E., Kool, J., et Kesselring, J. (2008). Robot-assisted gait training in multiple sclerosis: a pilot randomized trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 14(2), 231-236.

Biodex. (2018). New NxStep™ Unweighing System. Repéré à :
<http://www.biodex.com/physical-medicine/products/pbws/nxstep>

Bioness Live On. (2018). Vector Système de Marche et Sécurité. Repéré à :
https://www.bioness.com/France/Professionnels_de_la_sante/PRODUITS_POUR_CENTRES_DE_REHABILITATION/Vector.php

Calabrò, R. S., Russo, M., Naro, A., De Luca, R., Leo, A., Tomasello, P., ... et Bramanti, P. (2017). Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: Can virtual reality make the difference? Findings from a randomized controlled trial. *Journal of the neurological sciences*, 377, 25-30.

- Cattaneo, D., Lamers, I., Bertoni, R., Feys, P., et Jonsdottir, J. (2017). Participation restriction in people with multiple sclerosis: prevalence and correlations with cognitive, walking, balance, and upper limb impairments. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 98(7), 1308-1315.
- Chisari, C., Venturi, M., Bertolucci, F., Fanciullacci, C., et Rossi, B. (2014). Benefits of an intensive task-oriented circuit training in Multiple Sclerosis patients with mild disability. *NeuroRehabilitation*, 35(3), 509-518.
- Collett, J., Dawes, H., Meaney, A., Sackley, C., Barker, K., Wade, D., ... et Buckingham, E. (2011). Exercise for multiple sclerosis: a single-blind randomized trial comparing three exercise intensities. *Multiple sclerosis journal*, 17(5), 594-603.
- Confavreux, C., Vukusic, S., Moreau, T., et Adeleine, P. (2000). Relapses and progression of disability in multiple sclerosis. *New England Journal of Medicine*, 343(20), 1430-1438.
- Cruz, C. G., Page, J. C. M., et Ruiz, F. J. R. (2016). Effect of dual-task-induced uncertainty on gait biomechanics in patients with multiple sclerosis with 2–6.5 EDSS grade. *Gait & posture*, 49, 30-35.
- de Souza-Teixeira, F., Costilla, S., Ayan, C., Garcia-Lopez, D., Gonzalez-Gallego, J., et De Paz, J. A. (2009). Effects of resistance training in multiple sclerosis. *International journal of sports medicine*, 30(04), 245-250.
- Dettmers, C., Sulzmann, M., Ruchay-Plössl, A., Gütler, R., et Vieten, M. (2009). Endurance exercise improves walking distance in MS patients with fatigue. *Acta Neurologica Scandinavica*, 120(4), 251-257.
- Donoghue, D., et Stokes, E. K. (2009). How much change is true change? The minimum detectable change of the Berg Balance Scale in elderly people. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(5), 343-346.
- Downer, M. B., Kirkland, M. C., Wallack, E. M., et Ploughman, M. (2016). Walking impairs cognitive performance among people with multiple sclerosis but not controls. *Human movement science*, 49, 124-131.
- Fischer, J. S., LaRocca, N. G., Miller, D. M., Ritvo, P. G., Andrews, H., et Paty, D. (1999). Recent developments in the assessment of quality of life in multiple sclerosis (MS). *Multiple Sclerosis Journal*, 5(4), 251-259.
- Fischer, J. S., Rudick, R. A., Cutter, G. R., Reingold, S. C., et National MS Society Clinical Outcomes Assessment Task Force. (1999). The Multiple Sclerosis Functional Composite measure (MSFC): an integrated approach to MS clinical outcome assessment. *Multiple Sclerosis Journal*, 5(4), 244-250.

Gandolfi, M., Munari, D., Geroïn, C., Gajofatto, A., Benedetti, M. D., Midiri, A., ... et Smania, N. (2015). Sensory integration balance training in patients with multiple sclerosis: a randomized, controlled trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 21(11), 1453-1462.

Gehlsen, G., Beekman, K., Assmann, N., Winant, D., Seidle, M., et Carter, A. (1986). Gait characteristics in multiple sclerosis: progressive changes and effects of exercise on parameters. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 67(8), 536-539.

Giesser, B., Beres-Jones, J., Budovitch, A., Herlihy, E., et Harkema, S. (2007). Locomotor training using body weight support on a treadmill improves mobility in persons with multiple sclerosis: a pilot study. *Multiple Sclerosis Journal*, 13(2), 224-231.

Gijbels, D., Eijnde, B. O., et Feys, P. (2011). Comparison of the 2-and 6-minute walk test in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(10), 1269-1272.

Gilmour, H., Ramage-Morin, P. L., et Wong, S. L. (2018). Sclérose en plaques: prévalence et conséquences.

Guthrie, T. C., et Nelson, D. A. (1995). Influence of temperature changes on multiple sclerosis: critical review of mechanisms and research potential. *Journal of the neurological sciences*, 129(1), 1-8.

Gutierrez, G. M., Chow, J. W., Tillman, M. D., McCoy, S. C., Castellano, V., et White, L. J. (2005). Resistance training improves gait kinematics in persons with multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(9), 1824-1829.

HDT Global. (2018). KineAssist® Repéré à : <http://www.hdtglobal.com/product/kineassist/>

Hobart, J., Blight, A. R., Goodman, A., Lynn, F., et Putzki, N. (2013). Timed 25-Foot Walk Direct evidence that improving 20% or greater is clinically meaningful in MS. *Neurology*, 80(16), 1509-1517.

Hocoma. (2018). Andago®. Repéré à : <https://www.hocoma.com/solutions/andago>

Hocoma. (2018). Lokomat® Repéré à : <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/>

Howard, J., Trevick, S., et Younger, D. S. (2016). Epidemiology of multiple sclerosis. *Neurologic clinics*, 34(4), 919-939.

Kalron, A., Nitzani, D., Magalashvili, D., Dolev, M., Menascu, S., Stern, Y., ... et Barmatz, C. (2015). A personalized, intense physical rehabilitation program improves walking in people with multiple sclerosis presenting with different levels of disability: a retrospective cohort. *BMC neurology*, 15(1), 21.

Kalron, A., Achiron, A., et Dvir, Z. (2011). Muscular and gait abnormalities in persons with early onset multiple sclerosis. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 35(4), 164-169.

Kurtzke, J. F. (1983). Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, 33(11), 1444-1444.

Learmonth, Y. C., Ensari, I., et Motl, R. W. (2017). Cognitive motor interference in multiple sclerosis: insights from a systematic quantitative review. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 98(6), 1229-1240.

Lo, A. C., et Triche, E. W. (2008). Improving gait in multiple sclerosis using robot-assisted, body weight supported treadmill training. *Neurorehabilitation and neural repair*, 22(6), 661-671.

Lublin, F. D., et Reingold, S. C. (1996). Defining the clinical course of multiple sclerosis results of an international survey. *Neurology*, 46(4), 907-911.

Maki, B. E. (1997). Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear?. *Journal of the American geriatrics society*, 45(3), 313-320.

Martin, C. L., Phillips, B. A., Kilpatrick, T. J., Butzkueven, H., Tubridy, N., McDonald, E., et Galea, M. P. (2006). Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability. *Multiple Sclerosis Journal*, 12(5), 620-628.

Mevellec, E., Lamotte, D., Cantalloube, S., Amarenco, G., et Thoumie, P. (2003, March). Étude de la corrélation force motrice-vitesse de marche dans une population de sclérosés en plaques. In *Annales de réadaptation et de médecine physique* (Vol. 46, No. 2, pp. 85-90). Elsevier Masson.

Mike Fuhrmann, C. C. O. HOCOMA'S WALKING ROBOT ANDAGO® OFFERS NEW PROSPECTS FOR INJURY PREVENTION AMONG CARE STAFF.

Morris, M. E., Cantwell, C., Vowels, L., et Dodd, K. (2002). Changes in gait and fatigue from morning to afternoon in people with multiple sclerosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 72(3), 361-365.

Motl, R. W., et Pilutti, L. A. (2012). The benefits of exercise training in multiple sclerosis. *Nature Reviews Neurology*, 8(9), 487-497.

Motl, R. W., Smith, D. C., Elliott, J., Weikert, M., Dlugonski, D., et Sosnoff, J. J. (2012). Combined training improves walking mobility in persons with significant disability from multiple sclerosis: a pilot study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 36(1), 32-37.

Motl, R. W. (2010). Physical activity and irreversible disability in multiple sclerosis. *Exercise and sport sciences reviews*, 38(4), 186-191.

Newman, M. A., Dawes, H., Van den Berg, M., Wade, D. T., Burrridge, J., et Izadi, H. (2007). Can aerobic treadmill training reduce the effort of walking and fatigue in people with multiple sclerosis: a pilot study. *Multiple Sclerosis Journal*, 13(1), 113-119.

Nichols, D., et MSPT, K. B. (2011). ZeroG: overground gait and balance training system. *Journal of rehabilitation research and development*, 48(4), 287.

Nilsagard, Y., Lundholm, C., Gunnarsson, L. G., et Denison, E. (2007). Clinical relevance using timed walk tests and 'timed up and go' testing in persons with multiple sclerosis. *Physiotherapy Research International*, 12(2), 105-114.

Peshkin, M., Brown, D. A., Santos-Munné, J. J., Makhlin, A., Lewis, E., Colgate, J. E., ...et Schwandt, D. (2005, June). KineAssist: A robotic overground gait and balance training device. In *Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005. 9th International Conference on* (pp. 241-246). IEEE.

Pilutti, L. A., Lelli, D. A., Paulseth, J. E., Crome, M., Jiang, S., Rathbone, M. P., et Hicks, A. L. (2011). Effects of 12 weeks of supported treadmill training on functional ability and quality of life in progressive multiple sclerosis: a pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92(1), 31-36.

Protas, E. J., Mitchell, K., Williams, A., Qureshy, H., Caroline, K., et Lai, E. C. (2005). Gait and step training to reduce falls in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*, 20(3), 183-190.

Robineau, S., Nicolas, B., Gallien, P., Petrilli, S., Durufle, A., Edan, G., et Rochcongar, P. (2005, February). Renforcement musculaire isocinétique excentrique des ischio jambiers chez des patients atteints de sclérose en plaque. In *Annales de réadaptation et de médecine physique* (Vol. 48, No. 1, pp. 29-33). Elsevier Masson.

Roy, S., Frndak, S., Drake, A. S., Irwin, L., Zivadinov, R., Weinstock-Guttman, B., et Benedict, R. H. (2017). Differential effects of aging on motor and cognitive functioning in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 23(10), 1385-1393.

Ruiz, J., Labas, M. P., Triche, E. W., et Lo, A. C. (2013). Combination of Robot-Assisted and Conventional Body-Weight-Supported Treadmill Training Improves Gait in Persons With Multiple Sclerosis: A Pilot Study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 37(4), 187-193.

Sadovnick, A. D., Baird, P. A., Ward, R. H., Optiz, J. M., et Reynolds, J. F. (1988). Multiple sclerosis. Updated risks for relatives. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 29(3), 533-541.

Sangelaji, B., Kordi, M., Banihashemi, F., Nabavi, S. M., Khodadadeh, S., et Dastoorpoor, M. (2016). A combined exercise model for improving muscle strength, balance, walking distance, and motor agility in multiple sclerosis patients: A randomized clinical trial. *Iranian journal of neurology*, 15(3), 111.

Schwartz, I., Sajin, A., Moreh, E., Fisher, I., Neeb, M., Forest, A., ...et Meiner, Z. (2012). Robot-assisted gait training in multiple sclerosis patients: a randomized trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 18(6), 881-890.

Schwartz, I., Sajin, A., Fisher, I., Neeb, M., Shochina, M., Katz-Leurer, M., et Meiner, Z. (2009). The effectiveness of locomotor therapy using robotic-assisted gait training in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *PM&R*, 1(6), 516-523.

Shahraki, M., Sohrabi, M., Torbati, H. T., Nikkhah, K., et NaeimiKia, M. (2017). Effect of rhythmic auditory stimulation on gait kinematic parameters of patients with multiple sclerosis. *Journal of medicine and life*, 10(1), 33.

Société canadienne de physiologie de l'exercice (2013). La santé par la pratique d'activité physique (SPAP-SCPE).

Sosnoff, J. J., Gappmaier, E., Frame, A., et Motl, R. W. (2011). Influence of spasticity on mobility and balance in persons with multiple sclerosis. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 35(3), 129-132.

Stenholm, S., Sainio, P., Rantanen, T., Koskinen, S., Jula, A., Heliövaara, M., et Aromaa, A. (2007). High body mass index and physical impairments as predictors of walking limitation 22 years later in adult Finns. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(8), 859-865.

Straudi, S., Benedetti, M. G., Venturini, E., Manca, M., Foti, C., et Basaglia, N. (2013). Does robot-assisted gait training ameliorate gait abnormalities in multiple sclerosis? A pilot randomized-control trial. *NeuroRehabilitation*, 33(4), 555-563.

Swinnen, Straudi, S., Fanciullacci, C., Martinuzzi, C., Pavarelli, C., Rossi, B., Chisari, C., et Basaglia, N. (2016). The effects of robot-assisted gait training in progressive multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 22(3), 373-384.

Swinnen, E., Beckwée, D., Pinte, D., Meeusen, R., Baeyens, J. P., et Kerckhofs, E. (2012). Treadmill training in multiple sclerosis: can body weight support or robot assistance provide added value? A systematic review. *Multiple sclerosis international*, 2012.

Tomassini, V., Johansen-Berg, H., Leonardi, L., Paixao, L., Jbabdi, S., Palace, J., ... et Matthews, P. M. (2011). Preservation of motor skill learning in patients with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(1), 103-115.

Valko, P. O., Bassetti, C. L., Bloch, K. E., Held, U., et Baumann, C. R. (2008). Validation of the fatigue severity scale in a Swiss cohort. *Sleep*, 31(11), 1601-1607.

Van den Berg, M., Dawes, H., Wade, D. T., Newman, M., Burridge, J., Izadi, H., et Sackley, C. M. (2006). Treadmill training for individuals with multiple sclerosis: a pilot randomised trial. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 77(4), 531-533.

Vaney, C., Gattlen, B., Lugon-Moulin, V., Meichtry, A., Hausammann, R., Foinant, D., ...et Hilfiker, R. (2012). Robotic-assisted step training (lokomat) not superior to equal intensity of over-ground rehabilitation in patients with multiple sclerosis. *Neurorehabilitation and neural repair*, 26(3), 212-221.

Van Hedel, H. J. A., Tomatis, L., et Müller, R. (2006). Modulation of leg muscle activity and gait kinematics by walking speed and bodyweight unloading. *Gait & posture*, 24(1), 35-45.

Vector. (2018). Vector Gait et Safety System®. Repéré à: <http://bionessvector.com/vector>

Vickrey, B., Hays, R. D., Harooni, R., Myers, L. W., et Ellison, G. W. (1995). A health-related quality of life measure for multiple sclerosis. *Quality of life research*, 4(3), 187-206.

Wier, L. M., Hatcher, M. S., et Lo, A. C. (2011). Effect of robot-assisted versus conventional body-weight-supported treadmill training on quality of life for people with multiple sclerosis. *Journal of rehabilitation research and development*, 48(4), 483.

Yahia, A., Ghroubi, S., Mhiri, C., et Elleuch, M. H. (2011). Relationship between muscular strength, gait and postural parameters in multiple sclerosis. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 54(3), 144-155.

Zahiri, N., Abollahi, I., Nabavi, S. M., Ehsani, F., Arab, A. M., Shaw, I., ... et Sangelaji, B. (2017). Interference effect of prior explicit information on motor sequence learning in relapsing-remitting multiple sclerosis patients. *The Malaysian journal of medical sciences: MJMS*, 24(1), 69.

Zuvich, R. L., McCauley, J. L., Pericak-Vance, M. A., et Haines, J. L. (2009, December). Genetics and pathogenesis of multiple sclerosis. In *Seminars in immunology* (Vol. 21, No. 6, pp. 328-333). Academic Press.

ANNEXE A - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 1 DU GROUPE EXPÉRIMENTAL

Partie principale : Entraînement à la marche/équilibre				
Exercice	Séries/Temps	Distance	Pauses entre les séries	
Marche longue distance avec appareil	2 x 2min	-	2 min	
Talons-fesses avec appareil	2 x 2min	-	2 min	
Équilibre statique avec appareil	2 x temps max.	n/a	2 min	
Partie principale : Renforcement musculaire				
Exercice	Séries/Répétitions	Tempo	Charge	Pauses entre les séries
Squat avec appui	2 X Max	2-0-1	Poids du corps	1 min 15
Rotation du tronc	2 x 8 à 15	2-0-1	Poids du corps	1 min 15
Dorsiflexion de la cheville avec élastique	2 X 8 à 15	2-0-1	Élastique	1 min 15

ANNEXE B - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 2 DU GROUPE EXPÉRIMENTAL

Partie principale : Entraînement à la marche/équilibre				
Exercice	Séries/Temps	Distance/ Temps pour parcourir 20 m	Pauses entre les séries	
Changements de direction avec appareil	2 x 2min	-	2 min	
Marche rapide avec appareil	2 x 20 m	-	2 min	
Marche à reculons avec appareil	2 x 2 min	-	2 min	
Genoux hauts avec appareil	2 x 2 min	-	2 min	
Partie principale : Renforcement musculaire				
Exercice	Séries/Répétitions	Tempo	Charge	Pauses entre les séries
Squat avec appui	2 X Max	2-0-1	Poids du corps	1 min 15
Extension du dos avec poids	2 x 8 à 15	2-0-1	10 lb	1 min 15
Flexion plantaire en position debout	2 X 8 à 15	2-0-1	Poids du corps	1 min 15

ANNEXE C - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 1 DU GROUPE CONTRÔLE

Entraînement à la marche/équilibre				
Exercice	Séries/Temps	Distance	Pauses entre les séries	
Marche longue distance	2 x 2min	-	2 min	
Talons-fesses	2 x 2min	-	2 min	
Équilibre statique	2 x temps max.	n/a	2 min	
Renforcement musculaire				
Exercice	Séries/Répétitions	Tempo	Charge	Pauses entre les séries
Squat avec appui	2 x Max	2-0-1	Poids du corps	1 min 15
Rotation du tronc	2 x 8 à 15	2-0-1	Poids du corps	1 min 15
Dorsiflexion de la cheville avec élastique	2 X 8 à 15	2-0-1	Élastique	1 min 15

ANNEXE D - PLAN D'ENTRAÎNEMENT JOUR 2 DU GROUPE CONTRÔLE

Partie principale : Entraînement à la marche/équilibre				
Exercice	Séries/Temps	Distance/ Temps pour parcourir 20 m	Pauses entre les séries	
Changements de direction	2 x 2min	-	2 min	
Marche rapide	2 x 20 m	-	2 min	
Marche à reculons	2 x 2 min	-	2 min	
Genoux hauts	2 x 2 min	-	2 min	
Partie principale : Renforcement musculaire				
Exercice	Séries/Répétitions	Tempo	Charge	Pauses entre les séries
Squat avec appui	2 X Max	2-0-1	Poids du corps	1 min 15
Extension du dos avec poids	2 x 8 à 15	2-0-1	10 lb	1 min 15
Flexion plantaire en position debout	2 X 8 à 15	2-0-1	Poids du corps	1 min 15

ANNEXE E - COURBES INDIVIDUELLES POUR LES TESTS ET QUESTIONNAIRES

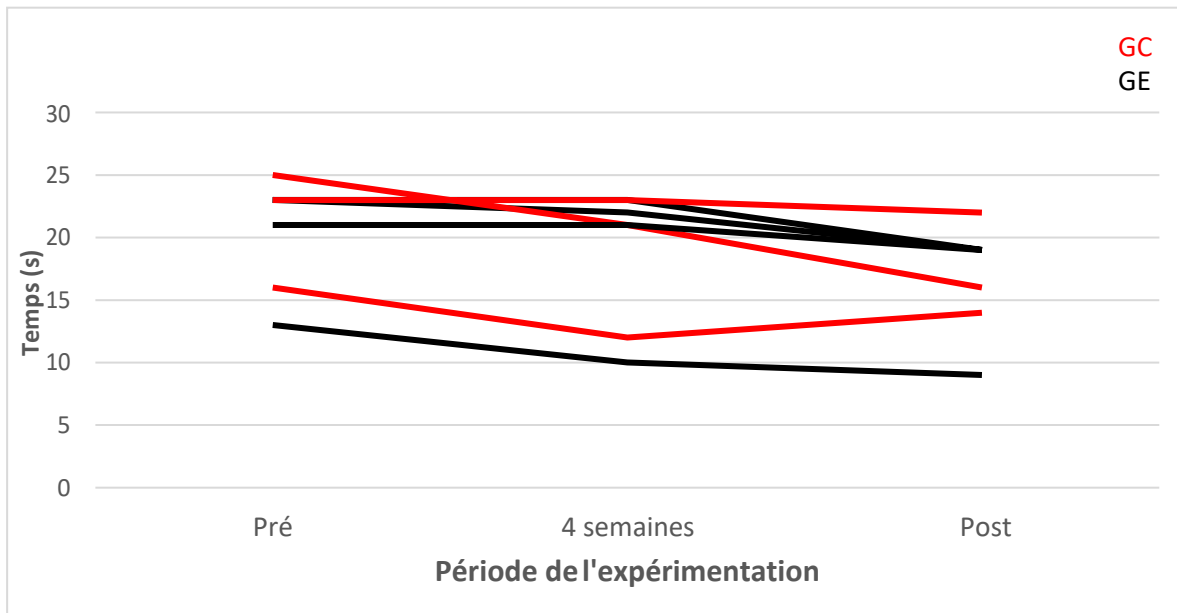


Figure 12 : Résultats au *Timed up and go*

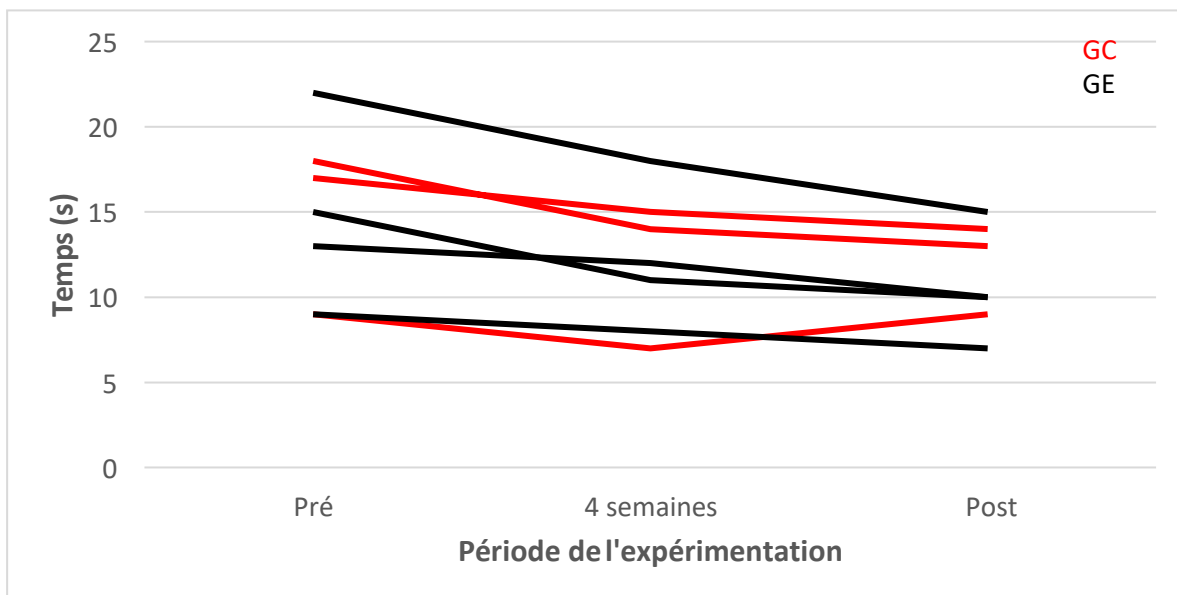


Figure 13 : Résultats au *10-m walk test* à vitesse rapide

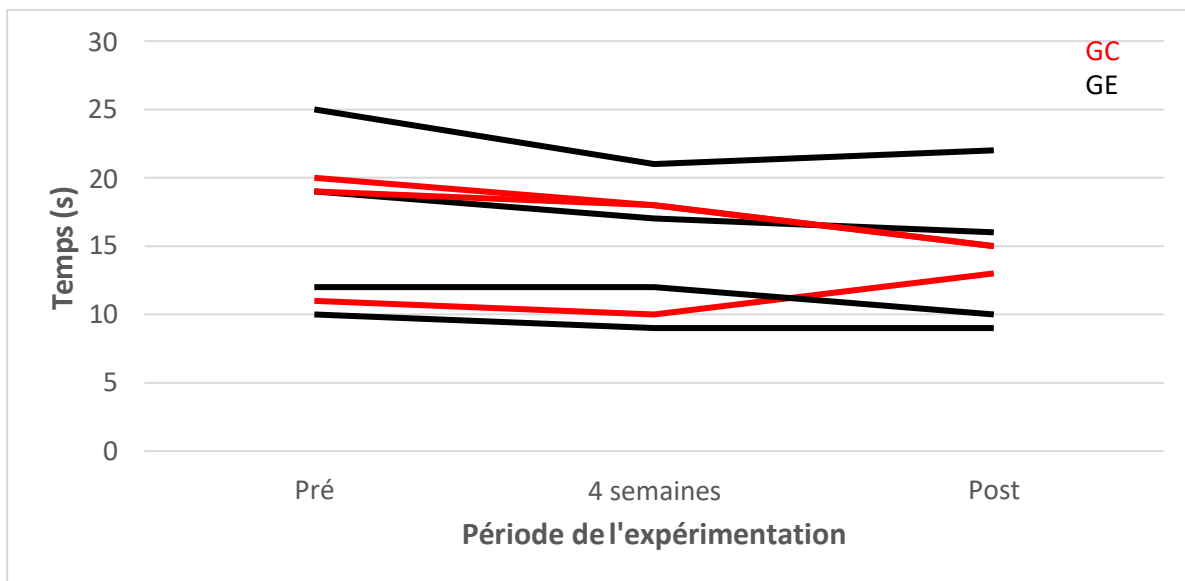


Figure 14 : Résultats au *10-m walk test* à vitesse préférée

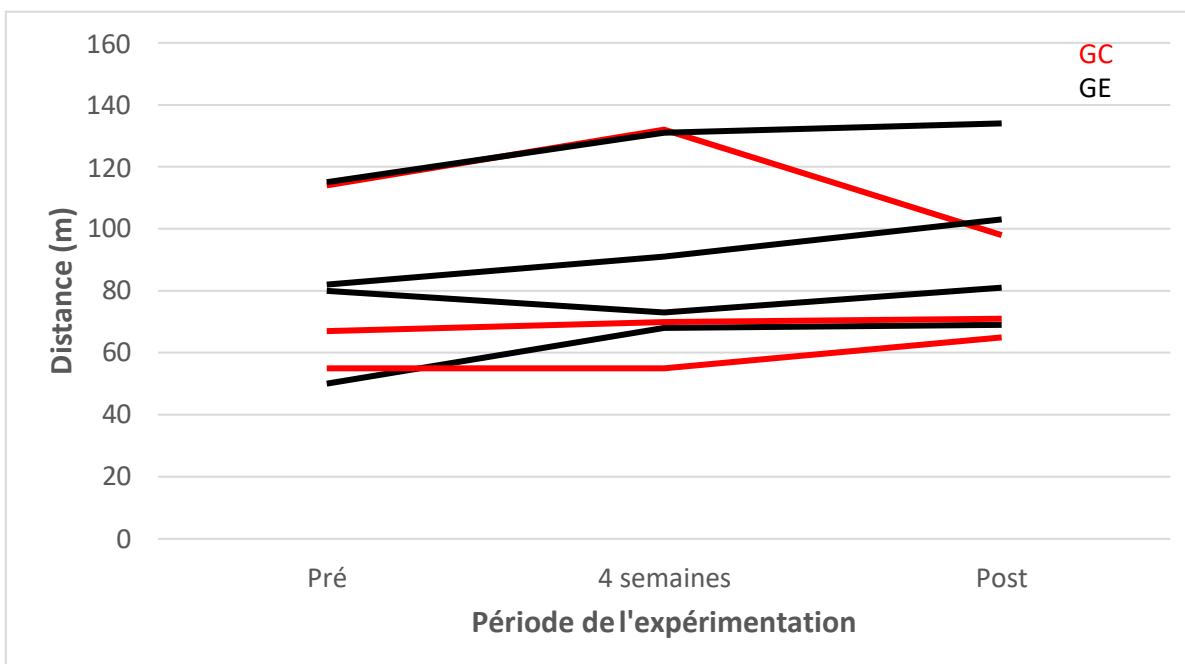


Figure 15 : Résultats au *2-minute walk test*

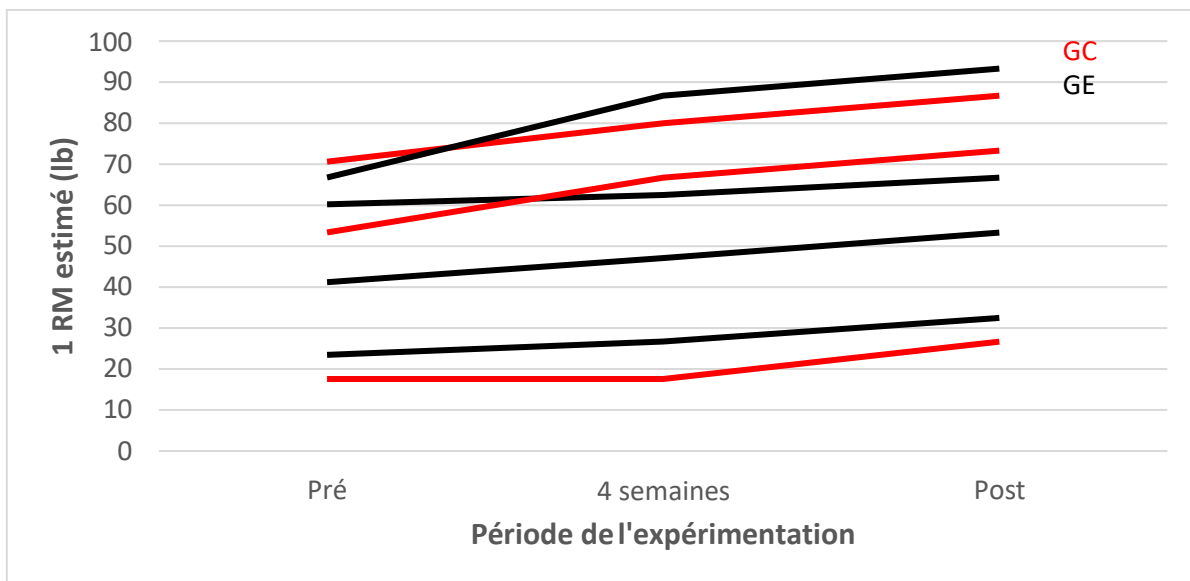


Figure 16 : Résultats au test des RM multiples au *leg curl*

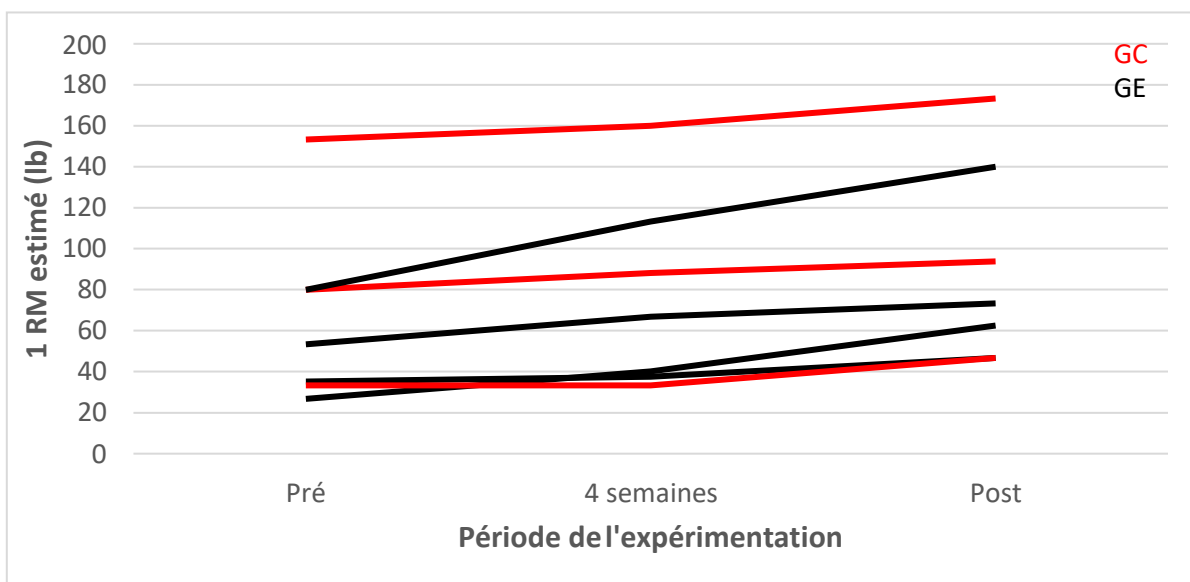


Figure 17 : Résultats au test des RM multiples au *leg extension*

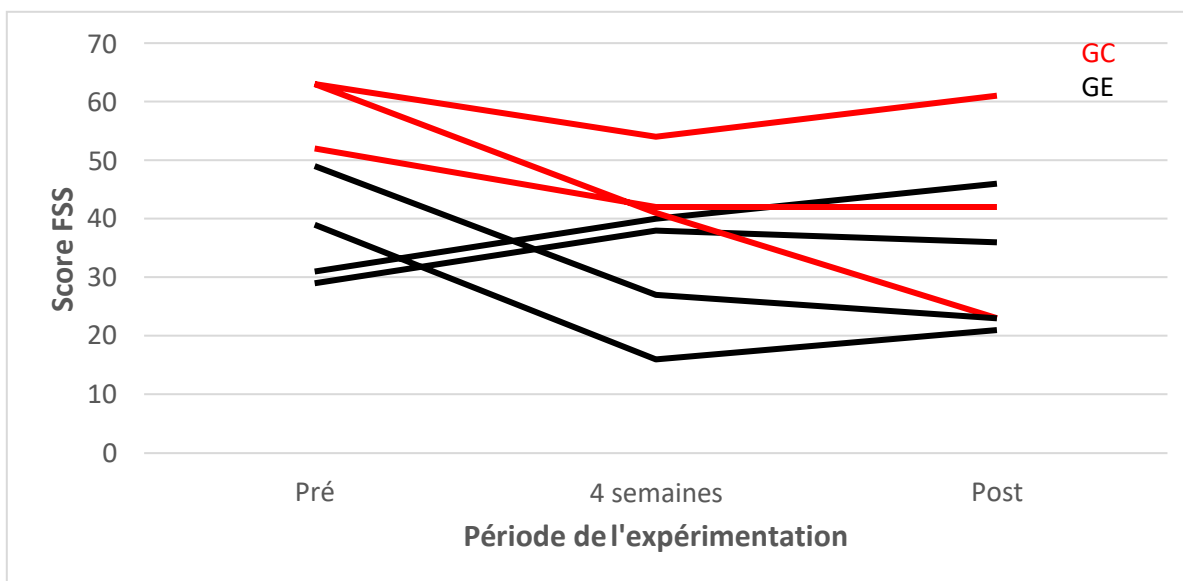


Figure 18 : Résultats au questionnaire *Fatigue Severity Scale*

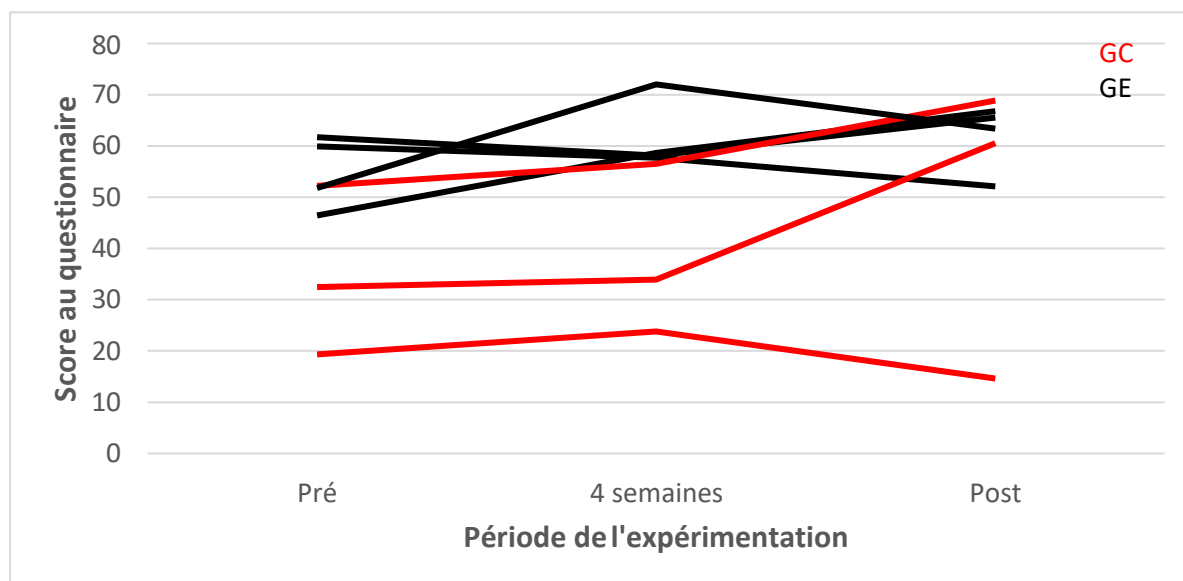


Figure 19 : Résultats au questionnaire *MSQOL-54*, partie physique

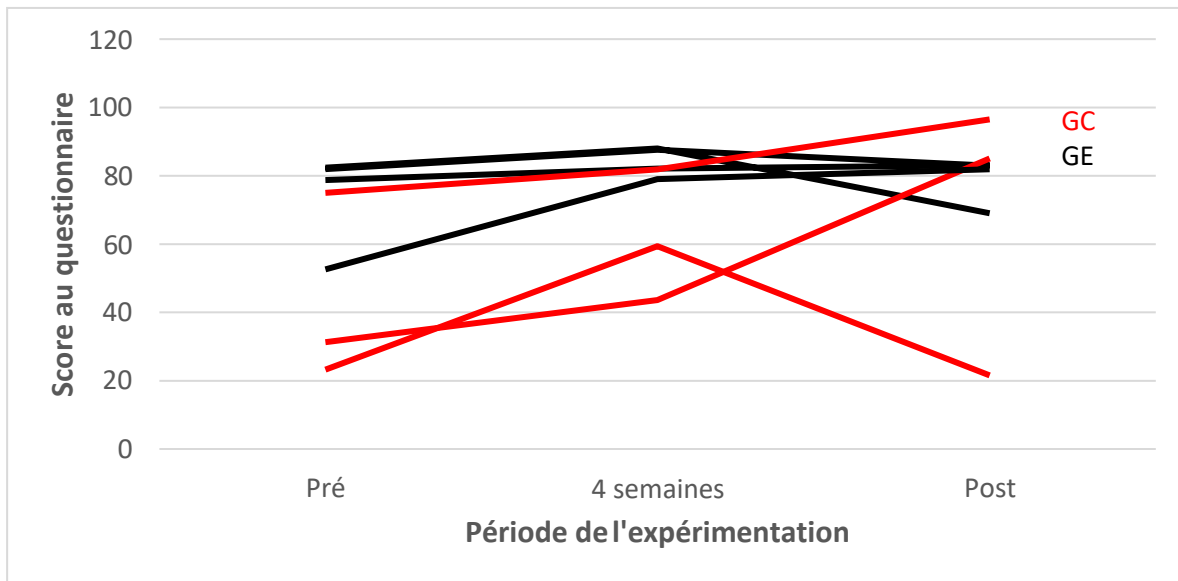


Figure 20 : Résultats au questionnaire MSQOL-54, partie santé mentale

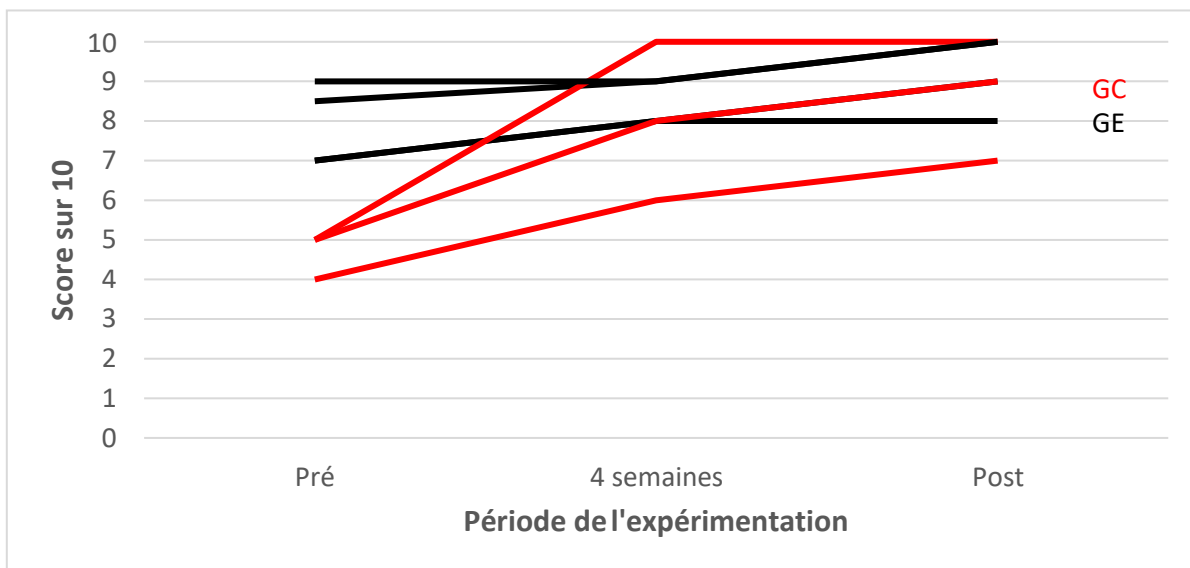


Figure 21 : Résultats confiance face à l'activité physique

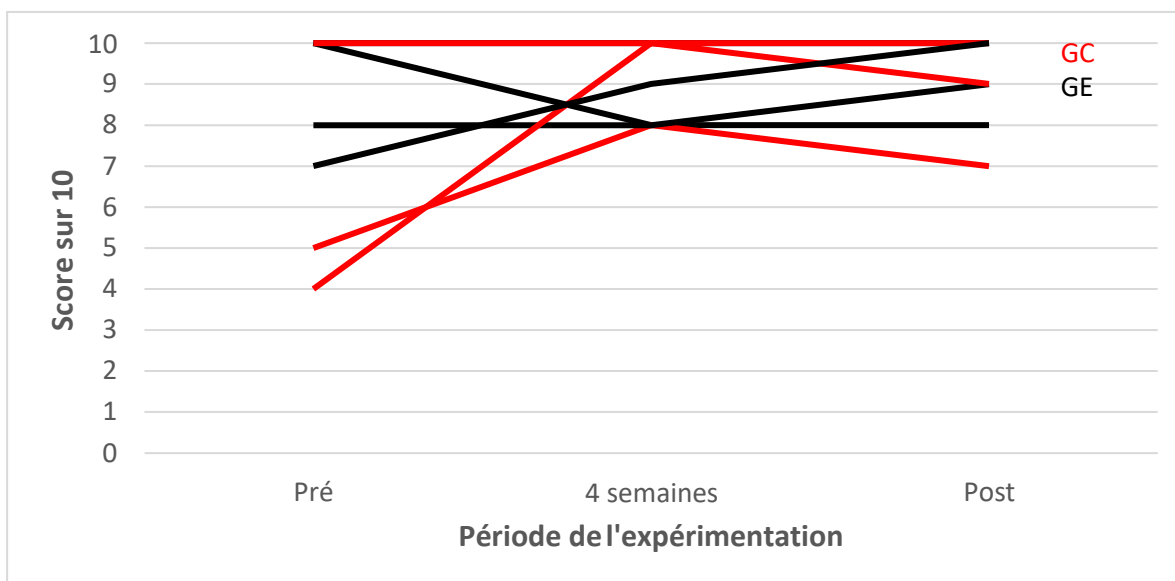


Figure 22 : Résultats motivation face à l'activité physique